

**BUJİ İLE ATEŞLEMELİ MOTORLARDA ALKOL-BENZİN
KARIŞIMLARININ MOTOR PERFORMANSI VE
EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS

Rıdvan ERENORAL

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Yaşar Önder ÖZGÖREN

Makine Mühendisliği

Aralık, 2012

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BUJİ İLE ATEŞLEMELİ MOTORLARDA ALKOL-BENZİN
KARIŞIMLARININ MOTOR PERFORMANSI VE
EGZoz EMİSYONLARINA ETKİSİ

Rıdvan ERENORAL

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Yaşar Önder ÖZGÖREN

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

Aralık, 2012

TEZ ONAY SAYFASI

Rıdvan ERENORAL tarafından hazırlanan “Buji ile Ateşlemeli Motorlarda Alkol-Benzin Karışımlarının Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 19/12/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : (Yrd. Doç. Dr. Yaşar Önder ÖZGÖREN)

Başkan :Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,

İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Yaşar Önder ÖZGÖREN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi,

İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Fatih AKSOY
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,

İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Enstitü Müdürü
(Ünvanı, Adı ve Soyadı)

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım
bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

19/12/2012

Rıdvan ERENORAL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BUJİ İLE ATEŞLEMELİ MOTORLARDA ALKOL-BENZİN KARIŞIMLARININ MOTOR PERFORMANSI VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ

Rıdvan ERENORAL

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Yaşar Önder ÖZGÖREN

Bu çalışmada benzine karıştırılan alkol karışımları ile ilgili bir araştırma yapılmıştır. Alkoller Metil tersiyer bütül eter (MTBE), metanol ve etanoldür. Yapılan deneylerde bu karışımlar tek silindirli benzinli motorda elektrikli dinamometre ve gaz analiz cihazı kullanılarak denenmiştir. Değişik motor devirlerine göre yapılan ölçümlerde motor torku, motor gücü, özgül yakıt sarfiyatı, O₂, CO, CO₂ ve NO_x emisyonlarının ölçümü yapılmıştır.

Alkol benzin karışımlarının kullanıldığı testlerde CO ve CO₂ emisyonları benzin yakıtı ile karşılaştırıldığında sırasıyla %32,3-%88 ve %17-%39 oranları arasında azalmıştır. Alkol karışımlarında NO_x emisyonları benzinden daha yüksek çıkmıştır.

2012, xii + 80 sayfa

Anahtar Kelimeler: Benzinli Motor, Alkol Yakıtlar

ABSTRACT

M.ScThesis

EFFECT OF ALCOHOL-GASOLINE BLENDS ON THE ENGINE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSIONS ON THE SPARK IGNITION ENGINES

Rıdvan ERENORAL

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Machine Engineering

Supervisor: Asist of Prof. Yaşar Önder ÖZGÖREN

An experimental investigation of alcohol blended gasoline fuels is presented in this work. The alcohol component of the blends consisted of methyl tert-butyl ether (MTBE), methanol, ethanol. This blends used in the present study were a single cylinder gasoline engine with using of an electrical dynamometer and an exhaust analyzer. The variables that were continuously measured include engine rotational speed, engine torque, engine power, specific fuel consume, O₂, CO, CO₂ and NO_x emissions.

During variable load tests, the results indicate that CO and CO₂ levels in the gasoline engine exhaust are reduced in the proportion of %32,3-%88 and %17-%39 respectively, while with the operation on alcohol gasoline blends. NO_x emissions with alcohol gasoline blends are higher than with gasoline.

2012, xii + 80 pages

Key Words: Gasoline Engine, Alcohol Fuels

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Yrd.Doç.Dr Yaşar Önder ÖZGÖREN'e, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Rıdvan ERENORAL
AFYONKARAHİSAR, 2012

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
RESİMLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZİLGELER DİZİNİ.....	xii
1.GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	4
2.1 Alkollerin Genel Özellikleri.....	14
3. MATERYAL ve METOT	17
3.1 Deney Motoru	17
3.2 Deney Yakıtları	19
3.3 Deney düzeneği	21
3.4 Emisyon Cihazı	23
3.5 Kontrol Paneli	24
3.6 Moment Ölçer (Loadcell).....	25
3.7Manyetik Karıştırıcı	26
3.8 Terazı.....	28
3.9 Belirsizlik Analizi	28
3.10 Metot	29
4. BULGULAR	30
4.1 Benzin - Alkol Karışımli Yakıtların Motor Performansı Açısından Karşılaştırılması	30
4.1.1 Motor Momenti Değişimleri	30
4.1.2 Motor Gücü Değişimleri	35
4.1.3 Özgül Yakıt Tüketimi	39
4.2 Benzin ve Benzin-Alkol Karışımli Yakıtların Egzoz Emisyonları	44
4.2.1 O ₂ Emisyonları.....	44
4.2.2 CO Emisyonları	49
4.2.3 CO ₂ Emisyonları	56

	Sayfa
4.2.4 NO _x Emisyonları	61
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	67
6. KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ.....	73
EK-1	74

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AÖN	Alt ölü nokta
ÜÖN	Üst Ölü Nokta
ECU	Elektronik kontrol ünitesi
KA	Krank Açısı
LPG	Likidite edilmiş petrol gazı
CNG	Sıkıştırılmış doğalgaz
FÖYT	Fren özgül yakıt tüketimi
YSA	Yapay sinir ağı
PN	Partikül numarası
PM	Partikül kütlesi
FFID	Hızlı alev iyonlaşma dedektörü
MBT	Fren tork zamanlaması
DMS	Diferansiyel değişken spektrometre
MTBE	Metil tersiyer bütül eter
BAM	Bujiyle ateşlemeli motor
ÖYT	Özgül yakıt tüketimi
RGA	Bağıl kazanç matrisi
SISO	Tek girdili tek çıktılı
MIMO	Çok girdili çok çıktılı
ANN	Yapay sinir ağı
MPC	Model öngörmeli kontrol
E	Etanol
M	Metanol

Simgeler

η_v	Volümetrik verim
ε	Sıkıştırma oranı
ρ	Yoğunluk (kg/m ³)
λ	Hava fazlalık katsayısı
n	Motor devri (d/dak)
N_E	Efektif güç (kW)
H	Kurs (m)
V_h	Toplam kurs hacmi (m ³)
D	Silindir çapı (m)
HC	Hidrokarbon
CO	Karbonmonoksit
CO ₂	Karbondioksit
O ₂	Oksijen
NO _x	Azot oksit

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1 Test düzeneği	22
Şekil 4.1 MTBE-Benzin karışımının motor momentine etkisi.....	31
Şekil 4.2 Etanol-Benzin karışımının motor momentine etkisi	31
Şekil 4.3 Metanol-Benzin karışımının motor momentine etkisi	32
Şekil 4.4 %10 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının motor momentine etkisi	33
Şekil 4.5 %20 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının motor momentine etkisi	33
Şekil 4.6 %30 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının motor momentine etkisi	34
Şekil 4.7 MTBE-Benzin karışımının motor gücüne etkisi	35
Şekil 4.8 Etanol-Benzin karışımının motor gücüne etkisi.....	36
Şekil 4.9 Metanol-Benzin karışımının motor gücüne etkisi.....	36
Şekil 4.10 %10 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının motor gücüne etkisi	37
Şekil 4.11 %20 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının motor gücüne etkisi	38
Şekil 4.12 %30 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının motor gücüne etkisi	39
Şekil 4.13 MTBE-Benzin karışımının özgül yakıt tüketimine etkisi	40
Şekil 4.14 Etanol - Benzin karışımının özgül yakıt tüketimine etkisi.....	40
Şekil 4.15 Metanol - Benzin karışımının özgül yakıt tüketimine etkisi	41
Şekil 4.16 %10 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının özgül yakıt tüketimine etkisi	42
Şekil 4.17 %20 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının özgül yakıt tüketimine etkisi	42
Şekil 4.18 %30 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının özgül yakıt tüketimine etkisi	43
Şekil 4.19 MTBE-Benzin karışımının O ₂ emisyonuna etkisi	45

Şekil 4.20 Etanol-Benzin karışımının O ₂ emisyonuna etkisi	46
Şekil 4.21 Metanol Benzin karışımının O ₂ emisyonuna etkisi	47
Şekil 4.22 %10 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının O ₂ emisyonuna etkisi	47
Şekil 4.23 %20 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının O ₂ emisyonuna etkisi	48
Şekil 4.24 %30 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının O ₂ emisyonuna etkisi	49
Şekil 4.25 MTBE-Benzin karışımının CO emisyonuna etkisi	50
Şekil 4.26 Etanol-Benzin karışımının CO emisyonuna etkisi	51
Şekil 4.27 Metanol Benzin karışımının CO emisyonuna etkisi	52
Şekil 4.28 %10 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının CO emisyonuna etkisi	53
Şekil 4.29 %20 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının CO emisyonuna etkisi	54
Şekil 4.30 %30 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının CO emisyonuna etkisi	55
Şekil 4.32 Etanol-Benzin karışımının CO ₂ emisyonuna etkisi.....	57
Şekil 4.33 Metanol Benzin karışımının CO ₂ emisyonuna etkisi	58
Şekil 4.34 %10 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının CO ₂ emisyonuna etkisi	59
Şekil 4.35 %20 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının CO ₂ emisyonuna etkisi	59
Şekil 4.36 %30 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının CO ₂ emisyonuna etkisi	60
Şekil 4.37 MTBE-Benzin karışımının NO _x emisyonuna etkisi	62
Şekil 4.38 Etanol-Benzin karışımının NO _x emisyonuna etkisi	63
Şekil 4.39 Metanol-Benzin karışımının NO _x emisyonuna etkisi.....	63
Şekil 4.40 %10 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının NO _x emisyonuna etkisi	64

Şekil 4.41 %20 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının NOx emisyonuna etkisi	65
Şekil 4.42 % 30 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının NOx emisyonuna etkisi	66

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 3.1 HONDA GX 160 UT1 SX4 Marka deney motoru.....	18
Resim 3.2 %30 Alkol-Benzin karışımlı deney yakıtları.....	21
Resim 3.3 Deney düzeneği.....	22
Resim 3.4 TESTO 350-S marka egzoz emisyon cihazı.....	24
Resim 3.5 Kontrol Paneli.....	24
Resim 3.6 Moment Ölçer (Loadcell).....	26
Resim 3.7 Elektro-mag M22 marka manyetik karıştırıcı.....	27
Resim 3.8 Densi PC-100 W-30SS marka terazi.....	28

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1 HONDA GX 160 UT1 SX4 Marka deney motorunun teknik özellikleri...	18
Çizelge 3.2 Yakıtların ve alkollerin fiziksel özellikleri.....	20
Çizelge 3.3 Emisyon cihazının genel özellikleri.....	23
Çizelge 3.4 TESTO 350-S marka egzoz emisyon cihazının teknik özellikleri.....	23
Çizelge 3.5 Loadcell Özellikleri.....	25
Çizelge 3.6 Manyetik Karıştırıcının teknik özellikleri.....	27
Çizelge 3.7 Belirsizlik analizi.....	28

1.GİRİŞ

Her canlı varlık belli bir iş yapabilme yeteneğine, yani belirli bir enerjiye sahiptir. Yaşamın sürekliliği her canlının yeteri kadar enerjiyi edinebilmesine bağlıdır. Doğanın temel yasalarından biri olan iş-enerji eşdeğerliği, iş yapabilmenin tek gereğinin enerji olduğu söylenmektedir (Encyclopedia Britannica 1911).

Enerjinin insan ve toplum yaşamındaki önemi sürerken, son 20 yıl içinde sürdürülebilir kalkınma kavramı önem kazanmıştır. Sürdürülebilir kalkınma, çevre ile uyumlu biçimde kaynakların yüksek verimlilikle değerlendirilmesini gerektirmektedir. Dünyanın 2050 yılına kadar olan enerji tüketimine yönelik senaryolar büyüme hızına ve enerji-çevre etkileşimine göre düzenlenmektedir (Ültanır 1998).

Ekonomik gelişme, güvenilir ve sürdürülebilir enerji teminine bağlıdır. Çevre konusunda tüm beklentiler, bugün kullanılanlardan daha az kirleten ve daha az sera gazı yayan enerji kaynakları/teknolojileri kullanılmasını gerektirmektedir (TÜBİTAK-TTGV 2002). Bu sayede ekolojik dengenin korunması amaçlanmaktadır.

Dünya enerji sistemi, oldukça karmaşılaşan ve öngörülerin sürekli alt üst olduğu bir dönemi yaşamaktadır. Bu nedenle de, petrol ve doğal gaz dışındaki kaynaklara yönelik arayışlar yoğunluk kazanmaktadır (Türkiye Enerji Raporu 2008). Bu kapsamda bilim adamları alternatif yakıt arayışı içine girmiştir.

Fosil yakıtların doğrudan veya dolaylı olarak kullanımıyla ortaya çıkan çevresel sorunların etkin bir şekilde önlenmesi için, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması gerekir (Kendirli ve Çakmak 2010).

Gelecek 15 yıl içerisinde dünya üzerindeki araç sayısının iki katına çıkacağı ihtimali göz önüne alındığında, enerji temini ve çevre ile ilgili önemli sorunların çok daha fazla artacağı kolaylıkla görülebilir. Türkiye'nin petrol ihtiyacının yaklaşık %90'ını ithal ederek karşıladığı düşünüldüğünde konunun enerji güvenliği kısmı da ortaya çıkmaktadır. Petrole olan bu bağımlılığın azaltılması için gerçekçi, verimli ve

sürdürülebilir enerji politikalarının oluşturulması gerekmektedir. Petrolün yakın gelecekte tükenecek olması, enerji güvenliği ve çevre ile ilgili olan endişelerle birleştirildiğinde yeni seçeneklere ihtiyaç duyulmaktadır (Koçtürk 2011).

Artan enerji ihtiyacı ve çevre kirliliği nedeniyle, buji ile ateşlemeli motorlarda etanol, metanol, doğal gaz, hidrojen ve LPG gibi alternatif yakıtlar kullanılmaktadır. Etanol, oktan sayısının yüksek olması, egzoz emisyonlarının düşük olması ve biyokütle kaynaklarından üretilmesi nedeniyle alternatif yakıtlar arasında önemli bir yere sahiptir (Çelik ve Çolak 2008).

Benzin motorlarında yenilenebilir enerji kaynağı olarak alkoller son zamanlarda önem kazanmıştır. Bu yenilenebilir enerji kaynakları yüksek oktan sayısından dolayı alternatif yakıt olarak araştırmacıların ilgisini çekmektedir. İlave olarak bunlar temiz enerji kaynaklarıdır ve etanol gibi düşük karbonlu biyokütle alkollerinden elde edilebilir (Yücesu vd. 2006).

Motorlu taşıtlar için alternatif bir yakıt olarak etanol ile benzini karıştırmak popüler hale gelmektedir. Şu anda piyasada etanol-benzinin iki tip karışımı vardır: %10 etanol ve %90 benzin (E10) karışımları ile %85 etanol ve %15 benzin (E85) karışımlarıdır (Türköz 2012).

İçten yanmalı motorlarda petrol esaslı yakıtlara alternatif olarak kullanılabilecek yakıtlardan biride metanoldür. Biyokütle, kömür ve doğalgazdan elde edilebilen metanol, buji ateşlemeli motorlarda önemli değişiklikler yapılmadan saf olarak veya benzinle karıştırılarak kullanılabilmektedir (Çalışır ve Gümüş 2009).

Biyolojik yenilenebilir yakıtlar, güvenli bir şekilde ve çevreye zarar vermeden toprakta kolayca çözünebilir, bu yüzden özellikle de çevre için uygundur. Etanol, ısı değeri daha yüksek olması ve buharlaşma ısısının daha düşük olması nedeniyle metanole göre daha üstün özelliklere sahiptir. Motorda yakıt olarak etil alkol (etanol) kullanımı, ham petrol tüketimini ve çevre kirliliğini azaltmanın bir yoludur. Etanolün, oktan sayısı, geniş alev alma sınırları, alev hızları ve buharlaşma ısısı benzinden daha yüksektir

(Türköz 2012).

Bu çalışmada benzin ve benzin – alkol karışımı yakıtların birbirine göre avantajları ve dezavantajlarını tesbit edilmeye çalışılmıştır. Alternatif yakıt olarak alkollerinde benzine göre kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Araştırmalar dünya petrol rezervlerinin gün geçtikçe azaldığını göstermektedir. Petrol rezervlerindeki bu azalmalar bilim adamlarını yeni yenilenebilir enerji kaynaklarının arayışlarına sevk etmiştir. Alkol sınıfı (metanol ve etanol) yakıtlar da bu enerji kaynaklarından en önemlilerinden birisidir (Çelikten 2004). Araştırmacılar bu konuda pek çok çalışma yapmaktadır.

Türköz, yaptığı bir çalışmada kurşunsuz benzin, etanol-benzin (E5, E10, E30 ve E85) karışımlarının motor performansı, yanma karakteristiği ve egzoz emisyonlarına etkisini deneysel olarak incelemiştir. Deneylerde dört zamanlı, dört silindirli, buji ile ateşlemeli motora sahip bir taşıt kullanılmıştır. E5, E10, E30 ve E85 yakıtlarından elde edilen sonuçlar, benzin ile yapılan test verileri referans alınarak karşılaştırılmıştır (Türköz 2012).

Elde edilen sonuçlara göre;

1. Motor test sonuçları, kurşunsuz benzine etanol ilavesinin motor tork, güç ve yakıt tüketimini artırdığını ve CO, CO₂, HC ve NO_x emisyonlarını düşürdüğünü göstermiştir.
2. Ateşleme zamanlaması, buji ile ateşlemeli motorların performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Motorlarda etanol kullanarak ateşleme avansını artırmak ((+4) KA'na kadar), önemli ölçüde motorun performansını artırdığı ve egzoz emisyonlarını azalttığı söylenebilir (Türköz 2012).

Bayındır (1998) tarafından yapılan bir çalışmada tek silindirli, dört zamanlı, benzinli bir motor üzerinde benzin ve etanol-benzin karışımları yakıt olarak denenmiştir. Faz ayrışmasını önlemek için yakıt deposuna bir mikser monte edilmiştir. Etanolün yüksek gizli buharlaşma ısısı nedeniyle deneyler sırasında emme manifoldu kademeli olarak ısıtılmıştır. Motorun egzoz gazı ile olan ısı kaybını belirlemek ve manifoldun ısıtılmasında kullanılan sıcak suyu temin etmek üzere bir adet egzoz gaz kalorimetresi imal edilmiştir. Deney motoru emme manifoldu için bir ısı transferi modeli geliştirilmiştir. Deney motorunun sıkıştırma oranını arttırmak amacı ile yanma odası

hacmi küçük tutularak, yeni bir motor silindir üst kapağı döküm metodu ve CNC tezgahında aslına uygun imal edilmiştir. Deneyler, değişik ateşleme avansında, değişik sıkıştırma oranlarında, değişik etanol-benzin karışım oranlarında ve yük altında gerçekleştirilmiştir. Etanol-benzin karışımları ile elde edilen egzoz emisyonları benzine göre daha temizdir, ancak motor gücünde nispeten düşüş görülmüştür. Motorun sıkıştırma oranı arttırıldığında, etanol-benzin karışımlarıyla genel anlamda daha iyi performans elde edilmiştir.

Çizelge 2.1 Farklı etanol/benzin karışımli yakıtların özellikleri (E0, E5, E10, E20, E30) (Hsieh *et al.* 2002).

Özelliği	Test yakıtı					Metot
	E0	E5	E10	E20	E30	
Yoğunluk (kg/l 15,5 °C'de)	0,7575	0,7691	0,7608	0,7645	0,7682	ASTM D4052
RON (oktan sayısı)	95,4	96,7	98,1	100,7	102,4	ASTM D2699
Sülfür (ağırlık %)	0,0061	0,0059	0,0055	0,0049	0,0045	ASTM D5453
Yıkanan reçine (mg/100 ml)	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	ASTM D381
Yıkanmayan reçine(mg/100ml)	18,8	18,6	17,4	15	14,4	ASTM D3237
Kurşun içeriği (g/l)	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	< 0,0025	ASTM D130
Korozivite (3 saat 50 °C'de)	1a	1a	1a	1a	1a	ASTM D86
Damıtma sıcaklığı (°C)						
% 10 hacim	54,5	49,7	50,8	52,8	54,8	
% 50 hacim	94,4	88,0	71,1	70,3	72,4	
% 90 hacim	167,3	167,7	166,4	163,0	159,3	
Isınma değeri (kal/g)	10176	9692	9511	9316	8680	
Karbon (ağırlık %)	86,60	87,70	86,70	87,60	86,00	
Hidrojen (ağırlık %)	13,30	12,20	13,20	12,30	13,90	
Kalıntı (hacim %)	1,7	1,5	1,5	1,5	1,5	
Renk	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Görsel

Eyidoğan (2009), kurşunsuz benzin, etanol-benzin (E5, E10) ve metanol-benzin (M5, M10) karışımlarının motor performansı, yanma karakteristiği ve egzoz emisyonlarına etkisini deneysel olarak incelemiştir. Deneyler dört zamanlı, dört silindirli, buji ile

ateşlemeli motora sahip bir taşıtta, şasi dinamometresi kullanılarak 60, 80, 100 km/h taşıt hızı ve 5, 10, 15, 20 kW sabit güç şartlarında yapılmıştır. E5, E10, M5 ve M10 yakıtlarından elde edilen sonuçlar, benzin ile yapılan test verileri referans alınarak karşılaştırılmıştır. Deneyler sonucunda, etanol-benzin ve metanol-benzin karışımlarının özgül yakıt tüketimleri benzine göre artış göstermiştir. Benzinin silindir gaz basıncı ve ısı dağılımı, alkol karışımlarına göre daha erken yükselmeye başlamış ve hemen hemen tüm test şartlarında en düşük ısı dağılımı tepe noktası ise benzinde elde edilmiştir. Ayrıca alkol karışımları kullanıldığında genel olarak CO, HC, CO₂ ve NO_x emisyonlarının azaldığı gözlenmiştir.

Örs (2007), buji ile ateşlemeli motorlarda, gelecekte benzinin yerine alternatif yakıt olarak kullanılması muhtemel olan etanolun benzin ile karıştırılması sonucu, elektronik ateşleme sistemine ve enjeksiyonlu yakıt sistemine sahip bir taşıtta, tekerlek tahrik kuvvetine, tekerlek tahrik gücüne, CO, HC ve CO₂ emisyonlarına etkilerini incelemiştir. Yakıt olarak birim hacimce %10-20-30 etanol içeren benzin-etanol karışımları kullanmıştır. Deney sonuçlarına göre tekerlek tahrik kuvveti ve gücünde en yüksek artış, 2. vites durumunda, 20 km/h taşıt hızında E20 yakıtı ile %9,56 oranında olmuştur. Tekerlek tahrik kuvvetinde en yüksek düşüş, 4. Vites durumunda, 100 km/h taşıt hızında E30 yakıtı ile %5,75 oranında olmuştur. Tekerlek tahrik gücünde en yüksek düşüş, 4. vites durumunda, E30 yakıtı ile %5,44 oranında olmuştur. Emisyonlara bakıldığında; CO emisyonunda, en yüksek düşüş, 4. vites durumunda, 140 km/h taşıt hızında, E20 yakıtı ile yaklaşık 5 kat olmuştur. HC emisyonunda, en yüksek düşüş, 2. vites durumunda, 20 km/h taşıt hızında, E10 yakıtı ile yaklaşık 9 kat olmuştur.

Topgül (2006), yaptığı çalışmada kurşunsuz benzin (E0) ve kurşunsuz benzin-etanol karışımlarının (E10, E20, E40 ve E60) motor performansına, egzoz emisyonlarına, ısı kayıplarına ve silindir basınçlarına etkisini deneysel olarak incelemiştir. Deneyler dört zamanlı, tek silindirli, değişken sıkıştırma oranlı, buji ile ateşlemeli ve enjeksiyonlu Hydra marka motorda gerçekleştirilmiştir. Deneyler, farklı motor devri ve yüklerinde sıkıştırma oranı, ateşleme zamanı, HFK ve giriş hava sıcaklığı değiştirilerek yapılmıştır. Düşük sıkıştırma oranlarında en

yüksek motor momentini veren ateşleme zamanı, yakıtlar arasında önemli bir farklılık göstermemiştir. Özellikle yüksek sıkıştırma oranlarında ve düşük motor devirlerinde motor performansı karışımdaki etanol miktarına bağlı olarak artmıştır. En yüksek motor momentini veren ateşleme zamanında hava/yakıt oranı ve giriş hava sıcaklığının motor performansı ve egzoz emisyonlarının değişimine etkileri tüm yakıtlarda benzerdir. Isı kayıpları, etanol-benzin karışımları kullanıldığında kurşunsuz benzinle karşılaştırıldığında azalmıştır. Kullanılan yakıtlar arasında en iyi vuruntu dayanımına sahip olan E60 yakıtında daha yüksek silindir basıncı elde edilmiştir.

Tüm motor devirlerinde stokiyometrik hava/yakıt oranında gerçekleştirilen deneylerde CO emisyonu, genel olarak deney esnasında hava/yakıt oranında meydana gelen küçük değişimlerden daha çok etkilenmektedir. Etanol içeren karışımlarda artan motor devrine bağlı olarak küçük bir artış göstermektedir. CO emisyonunda, etanol içeren karışımlarda E0 yakıtına göre azalma görülürken, ortalama olarak maksimum azalma E60 yakıtıyla %18,8 elde edilmiştir (Topgül 2006).

Çelik ve Çolak (2008), değişken sıkıştırma oranlı bir motorda saf etanol kullanılmasının motor performansı ve emisyonları üzerindeki etkisini deneysel olarak incelemiştir ve deneylerde tek silindirli, dört zamanlı, buji ateşlemeli, sıkıştırma oranı değiştirilebilen bir araştırma motoru kullanmıştır. Deneyler motorun 6/1 sıkıştırma oranında benzin ve etanol ile; 8/1 ve 10/1 sıkıştırma oranında etanol ile çalıştırılmasıyla gerçekleştirmiştir. Deneyler sonucunda 6/1 sıkıştırma oranında etanol kullanılmasıyla benzine göre önemli bir güç kaybı olmadan CO, CO₂ ve NO_x emisyonlarında azalma olduğu belirlenmiştir. Sıkıştırma oranının 10/1'e kadar artırılmasıyla, etanol benzine göre %25 güç artışı sağlamıştır. Ayrıca CO, CO₂ ve NO_x emisyonlarında sırayla %41, %21 ve %26 azalma elde edilirken, HC emisyonunda %40 artış gözlenmiştir. Sonuçlar, motorlarda yüksek sıkıştırma oranında etanol kullanımının, motor performansını önemli ölçüde artırdığını ve emisyonları azalttığını göstermektedir.

Motor yakıtı olarak benzin-alkol karışımlarının başarılı bir şekilde uygulanmasında

karşılaşılan büyük problemlerinden biri sabit bir homojen sıvı fazın gerçekleşmesidir. Yüksel ve Yüksel (2004), yaptığı çalışmada bu problemin üstesinden gelmek için yeni bir karbüratör tasarlamıştır. Bu yeni karbüratör kullanımı ile sadece faz problemi çözülmemiş aynı zamanda toplam yakıt içerisinde alkol oranı arttırılmıştır. Etanol benzin karışımı kullanılarak buji ile ateşlemeli motorun mevcut analizi deneysel olarak incelenmiştir. %60 etanol ve %40 benzin karışımı performansı, yakıt tüketimini ve egzoz emisyonlarını test etmek için kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda karbüratör üzerinde yapılacak basit değişiklikler ile çift yakıt sistemi işe yarar hale getirilebilir. Bu değişiklikler karbüratör sisteminde sorunlara sebep olmamıştır.

Hsieh vd. (2002) tarafından yapılan çalışmadan %0, %5, %10, %20, %30 oranlarında etanol-benzin karışımları yakıt kullanılarak ticari bir buji ile ateşlemeli motorda motor performansı ve kirletici emisyonlar deneysel olarak araştırılmıştır. İlk olarak etanol-benzin karışimli yakıtların özellikleri standart ASTM metodu ile incelenmiş ve sonuç olarak etanol içeriğinin artması ile karışımın oktan sayısı artarken karışımın ısıtma değeri azalmıştır. Ayrıca etanol içeriğinin artması ile karışımın Reid buhar basıncı başlangıçta %10 göstermiştir. Bu değer etanol-benzin karışımı kullanılarak çıkış torku ve motor yakıt tüketimi artmıştır. CO ve HC emisyonlar önemli ölçüde azalmıştır ve CO₂ emisyonu gelişmiş yanmadan dolayı artmıştır. Sonuç olarak NO_x emisyonlarının etanol içeriğinden daha ziyade motorun çalışma şartlarına bağlı olduğu söylenebilir.

Al-Hasan (2003), buji ile ateşlemeli bir motordan kurşunsuz benzin-etanol kullanımının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini araştırmıştır. Bunun için dört zamanlı, dört silindirli, buji ile ateşlemeli motor (Toyota, Tercel-3A) kullanmıştır. Farklı yüzdelerde kurşunsuz benzin-etanol karışımı kullanılarak $\frac{3}{4}$ gaz kelebek açıklığında 1000 4000 d/dak aralığında, egzoz emisyonları CO, CO₂ yanmamış HC emisyonlarının analizi yapılırken performans testleri, eşdeğer hava yakıt oranı, yakıt tüketimi, volumetrik verim, fren termal verimi, fren gücü, motor torku ve fren özgül yakıt tüketimi için gerçekleştirilmiş. Sonuçlara göre; Fren özgül yakıt tüketimi ve eşdeğer hava – yakıt oranı azalırken fren gücü, tork, volumetrik ve fren termal verimi ve yakıt tüketimi artmıştır. Motor egzozundaki CO₂ konsantrasyonu artarken CO ve HC emisyonlarının konsantrasyonu azalmıştır. Yakıt karışımlarında %20 hacimdeki etanol

bütün motor devirlerinde ölçülen parametrelerin tamamında en iyi sonuçları vermiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları olarak alkoller yüksek oktan sayısından dolayı alternatif yakıt olarak araştırmacıların ilgisini çekmektedir. İlave olarak, alkoller temiz enerji kaynaklarıdır ve etanol gibi düşük karbonlu biyokütle alkollerinden elde edilebilir. Yücesu vd. tarafından (2006) yapılan bir çalışmada sıkıştırma oranının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi tek silindir, dört zamanlı değişken sıkıştırma oranlı ve buji ile ateşlemeli bir motorda en iyi tork için stokiyometrik oranda tam yük ve minimum avanslı zamanlamada incelenmiştir. 11:1'e kadar artan sıkıştırma oranı ile motor torku E0 yakıtında 2000 d/dak'da artmıştır. 8:1 sıkıştırma oranı ile karşılaştırıldığında artış oranı %8 civarındadır. Daha yüksek sıkıştırma oranlarındaki çıkış torku belirgin ölçüde değişmemiştir. 13:1'lik sıkıştırma oranı 8:1'lik sıkıştırma oranı ile karşılaştırıldığında E0 yakıtının fren özgül yakıt tüketimi (BSFC) minimum değere ulaşmıştır ve yaklaşık %10 civarında düşmüştür. Bu sıkıştırma oranından sonra BSFC artmıştır. BSFC'deki en yüksek gelişme E60 yakıtı ile sırası ile 3500 ve 5000 d/dak motor devirlerinde %14,5 ve %17 olarak elde edilmiştir.

Sıkıştırma oranı ile ilgili olarak yapılan deneyde etanol içeren yakıtların detanasyonu E0 ile karşılaştırıldığında daha yüksek ateşleme zamanlamasında olmuştur. Etanol içeren yakıtların daha yüksek oranı maksimum fren tork zamanlamasında (MBT) bir avantaja sahiptir. Egzoz gaz sıcaklığı ise sıkıştırma oranına bağlı olarak genellikle azalma eğilimindedir. Ancak E0 gibi düşük oktan sayılı yakıtlar için 10:1 sıkıştırma oranında detanasyon artar. Fakir yanmadan dolayı egzoz gaz sıcaklığı artmaktadır. Bu durum yüksek oktanlı yakıt kullanılarak motor hızı artırılarak önlenebilir. Yüksek oranlarda etanol içeren yakıtlar; E40 ve E60 egzoz emisyonlarının azalması üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Maksimum azalış E40 ve E60 yakıtları ile 2000 d/dak'da elde edilmiştir. Ortalama azalış miktarı E40 ve E60 ile sırayla %11 ve %10,8 olarak bulunmaktadır. En iyi düşüş CO ile karşılaştırıldığında HC'de elde edilmiştir. HC emisyonlarındaki maksimum düşüş E60 kullanılarak 5000 d/dak'da ortalama %16,45 olarak gerçekleşmiştir (Yücesu vd. 2006).

Chen vd. (2010) yaptığı çalışmada benzin enjektörlerinin yanına manifoldu üzerine

bağımsız olarak kontrol edilen su içeren alkol enjektörlerini yerleştirmiştir. Yüksek su içeriği ile sulu alkoller benzin için yerine konulan bir yakıt olarak enjekte edilir. Etanol kısmı en iyi motor performansı ve emisyonlarını elde etmek için kontrol edilebilir. Motor testlerinin gösterdiği anayol sürüş şartlarında motor, su içeren alkolü telafi eder ve benzinin debisini azaltır. Ancak yüksek yüklü çalışmalarda ECU benzin tedarikini azaltmak için geri besleme sinyallerini okumaz ve motor yakıtın zengin olduğu şartlarda yanmayı gerçekleştirir; motor performansı ve emisyonlarının her ikisi de kötüleşir.

Niven (2005), yaptığı çalışmada, benzine %10 ve %85 etanol ilavesinin sonuçlarını araştırmıştır. Detaylı incelemenden elde edilen teknik literatür ile etanol zenginleştirmede beş genel görüş açıklanmaktadır. (1) hava kirletici emisyonlarındaki iddia edilen azalma; (2) onun yer altı sularında ve yer altı topraklarında potansiyel etkisi; (3) sera gazı emisyonlarında iddia edilen düşüşü; (4) etanolün enerji verimliliği; (5) etanol üretiminin sürdürülebilirliği. Bu çalışmaya göre; E10 şüpheli hava kirletici bir değerdir (Aslında foto kimyasal duman üretimini artırabilir): sera gazı emisyonları açısından daha az avantaj sunar; enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik sunar ve önemli bir şekilde toprağın katılığını ve yer altı sularının kirliliğini artırır. Tam tersi olarak E85, önemli bir sera gazı kazancı sunar. Ancak E85 önemli bir hava kirletici etkiye sahiptir, biyolojik çeşitlilik için azımsanmayacak riskler içerir ve yer altı sularının kirlenme etkileri ve sürdürülebilirliği büyük ölçüde bilinmemektedir.

Tekrar çözülebilen partikül sayısı ve kütle konsantrasyonun özellikleri üzerindeki farklı karışım oranları (E0, E10, E20, E50, E70, E85) benzin/etanol karışımlarının etkisi stokyometrik şartlarda (1500 d/dak 0,5 bar manifold mutlak basıncında) soğuk ve sıcak şartlar altında 20 °C, 80 °C diferansiyel değişken spektrometre (DMS 500) kullanarak tek silindirli optik erişimli bir motorda incelenmiştir. Yakıt sprey karakteristikleri üzerindeki etkiler enjeksiyon resimlerini yakalayarak ve farklı yakıtlarla spreyin zamana bağlı gelişimini karşılaştırmak için çekim sonrası işlemlerle ayrıca incelenmiştir. Etanol volumetrik yüzdesi artarken toplam Pn (Partikül numarası) ve Pm (Partükül kütlesi) soğuk şartlar için maksimum 16 ve 11 civarında artar ve sıcak şartlar için 7 ve 8 artar. Bu etanolün küçük karışım yüzdeli yakıttan daha çok is üreten, yüksek etanol oranlı yakıtları gösteren doğal alev kimyasal ışıltama resimleri ile uyumludur. Sprey resimleri

ve yanma analizi sonuçlarına göre etanol ilavesi uzun süren enjeksiyon ve yanma periyotları ile sonuçlanmaktadır. Sprey karakteristiklere üzerindeki etki sıcak şartlar altındaki durumdan, soğuk şartlar altında daha derindir. Karışımın homojenliği, etanol içeriği E50, E70, E85 için artırıldığında yükselmektedir (Chen *et al.* 2012).

Çalışır ve Gümüş (2009) yaptığı çalışmada metanol-benzin karışımının buji ateşlemeli motorlarda kullanımı incelenmiştir. Metanol oranının farklı ateşleme avanslarında motor performansına ve egzoz emisyonlarına olan etkileri araştırılmıştır. Buna göre;

- Motorun standart avans değerinde en iyi verim %15 metanol %85 benzin karışımında elde edilmiştir.
- Farklı avans değeri ve farklı karışım oranlarıyla yapılan deneylerde ise en yüksek verime, %5 metanol %95 benzin karışımında 22.5° KMA avans değerinde ulaşılmıştır. Karışıma metanol ilavesiyle emme dolgusunun sıcaklığı düşmekte ve dolgu yoğunluğu artmaktadır.
- CO emisyonlarına bakıldığında avans değeri ve karışımdaki metanol oranı arttıkça CO emisyonlarının azaldığı gözlemlenmiştir. En iyi CO emisyon değeri %15 metanol %85 benzin karışımında 20°KMA avans değerinde elde edilmiştir.
- NO_x değerlerine bakıldığında karışımdaki metanol oranının artmasıyla birlikte yanma sıcaklığı artmıştır. Sıcaklığın artmasıyla NO_x oluşumunun arttığı gözlenmiştir. En iyi NO_x emisyon değeri saf benzinden oluşan yakıtta ve 20°KMA avans değerinde minimum seviyede gözlemlenmiştir (Çalışır ve Gümüş 2009).

Özsezen vd. (2010), kurşunsuz benzin, etanol-benzin (E5, E10) ve metanol-benzin (M5, M10) karışımlarının kullanıldığı bir taşıtta performans, yanma ve egzoz emisyon karakteristiklerini incelemiştir. Deneyleri gerçekleştirebilmek için dört zamanlı, dört silindirli, buji ile ateşlemeli motora sahip bir taşıt elektromanyetik şasi dinamometresi üzerine alınmıştır. Deneyler 60 km/h sabit taşıt hızında ve tam gaz keleşliği açıklığında

yapılmıştır. E5, E10, M5 ve M10 yakıtları kullanılarak elde edilen sonuçlar, benzin ile yapılan taşıt test verileri referans alınarak karşılaştırılmıştır. Tüm test yakıtları tam kelebek açıklığında birbirine benzer tekerlek gücü değerleri üretmiştir. Bununla birlikte, etanol-benzin ve metanol-benzin karışımlarının kullanımı ile yakıt tüketiminde benzine göre bir miktar artış görülmüştür. Benzin kullanımı ile ölçülen silindir gaz basıncı, alkol-benzin karışımlarına göre daha erken yükselmeye başlamış ve en düşük silindir gaz basıncı benzin kullanımı ile elde edilmiştir. Genel olarak, alkol-benzin karışımları kullanımı ile CO, HC, CO₂ ve NO_x emisyonlarında azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Bayraktar ve Durgun (2003), buji-ateşlemeli bir otomobil motorunda benzin, etanol ve LPG kullanılması durumunda, çeşitli çalışma koşullarındaki motor performans parametrelerini teorik incelemiştir. Bu amaçla, motor çevrimini, sözü edilen yakıtlar için hesaplayan sanki boyutlu bir termodinamik çevrim modeli geliştirilmiştir. Çevrim modelinde yanma işlemi, bir türbülanslı alev yayılması matematik modeliyle hesaplanmıştır. Bu model kullanılarak benzin, etanol ve propandan oluştuğu varsayılan LPG yakıtları için çeşitli motor çalışma koşullarında sayısal uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Hesaplanan motor performans parametreleri ve egzoz emisyonları çeşitli diyagramlarla karşılaştırılmıştır. Farklı devir sayıları ve ekivalans oranlarında yapılan karşılaştırmalar sonucu, motor performansı ve egzoz emisyonları açısından buji ile ateşlemeli motorlar için en uygun yakıtın etanol olduğu teorik olarak belirlenmiştir.

Al-Farayedhi 2002 yılında tipik bir buji ile ateşlemeli motordaki üç farklı yakıt oksijenatının oktan sayısının egzoz emisyonlarına etkisini incelemiştir. Kurşunsuz benzin ile üç oranda (% 10, %15, %20) hacminde karşılaştırılan metil tersiyer bütül eter (MTBE), metanol ve etanol olarak adlandırılan bu üç oksijenat incelemiştir. CO, HC ve NO_x emisyonları motor dinamometresi kullanılarak çeşitli çalışma şartları altında ölçülmüştür. Sonuç olarak yakıtın oktan sayısı, CO ve HC emisyonlarının düşüşünü artırmaktadır. Fakat, üç karışımın hepsi için de NO_x emisyonu artmaktadır. Ayrıca kurşunsuz benzin için (RON 92), motor hızı CO ve NO_x emisyonlarındaki düşüşü artırırken HC emisyonlarını azaltmaktadır. Benzer bir eğilim MTBE karışımları için elde edilmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyoetanol, daha çok tarımsal ürünlerden ve değişik kimyasal yöntemler aracılığı ile üretilen, benzine alternatif veya benzinle karışım halinde kullanılabilen bir enerji kaynağıdır. Türkiye’de farklı hammaddelerden üretilen biyoetanoller belirli oranlarda benzine karıştırılarak, tarım kesiminde yaygın olarak kullanılan küçük güçlü buji ile ateşlemeli bir motorda yapılan denemelerle, motor performans ve egzoz emisyon değerleri araştırılmıştır. Biyoetanol, benzin içerisinde %5, %10, %15 ve %20 oranlarında kullanılmıştır. Bu karışım oranları (E5, E10, E15 ve E20) motorda herhangi bir değişiklik yapılmaksızın kullanılmıştır. Benzin-biyoetanol karışım oranlarına bağlı olarak motor performans değerleri; güç, moment, yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarındaki değişim incelenmiştir. Çalışmada ayrıca, deneme yakıtı olarak kullanılan değişik hammaddelerden üretilmiş biyoetanol maliyetleri de dikkate alınarak performans özellikleri, çevresel etkisi ve maliyeti açısından en uygun yakıt belirlenmiştir (Koçtürk 2011).

Aktaş (2009), benzin-biyodizel ve benzin-biyodizel-etanol karışımlarının tek silindirli buji ateşlemeli bir motorda (BAM) yakıt olarak kullanılmasının performans ve emisyonlara etkisini deneysel olarak araştırmıştır. Deneysel çalışmalar tam yükte ve 1800 d/dak sabit motor hızında önce benzin ile sonra benzine hacimsel olarak %5’ten %20’ye kadar %5’lik artışlarla etanol karıştırılarak (E5, E10, E15 ve E20) gerçekleştirmiştir. En son, %5 soya biyodizel-%95 benzin (B5) ve %10 soya biyodizel-%90 benzinden oluşan (B10) karışımlar hazırlanarak, bu karışımlara %5’ten %20’ye kadar %5’lik artışlarla etanol karıştırılarak deneysel çalışma tamamlanmıştır. Performans parametreleri olarak; kuvvet, yakıt tüketimi, egzoz gaz sıcaklığı ve emisyon göstergeleri olarak da CO, HC, NO_x ve hava yakıt oranı (Lamda) değerleri belirlenmiştir. Her bir veri iki deneysel tekrarın ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Tork, güç ve özgül yakıt tüketimi (ÖYT) deneysel verilerden yararlanılarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, benzine %10 biyodizel karıştırıldığı zaman tork ve güçte %10,5 oranında düşüş ve özgül yakıt sarfiyatında %13 oranında artış görülmüştür. Aynı zamanda, CO emisyonunun bir miktar düştüğü ancak, HC ve NO_x emisyonunun bir miktar yükseldiği tespit edilmiştir. Benzin ve B5’e %20 etanol ilave edildiğinde performansta %50 ve CO emisyonunda %47 oranında azalma olmasına rağmen, NO_x emisyonunda %46 artış gözlenmiştir. En iyi performans ve emisyonun %15-20 etanol

içeren B10 ile elde edildiği tespit edilmiştir.

2.1 Alkollerin Genel Özellikleri

Alkol tarım ürünlerinden ve kömürden üretilmektedir. Alkollerin motor yakıtlarına alternatif olma nedenlerinden birisi de emisyonlarının düşük olmasıdır. Alkol esaslı yakıtları iki grupta incelemek mümkündür. Metanol, etanol benzinli motorlarda saf olarak veya değişik oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. Kimyasal formülü $CH_3 - OH$ olan metanol çok hafif hissedilebilen, renksiz, kokusuz zehirli bir alkol çeşididir. Metanol benzine ve motorine göre daha geniş tutuşma aralığına sahiptir. Bu sebeple depodaki doymuş buhar, çevre sıcaklıklarında patlayıcı olabilmektedir. % 49,9'unu yakıcı özelliği bulunan oksijen oluşturur.

Etanol renksiz, saydam hafif kokulu bir sıvıdır. Kimyasal formülü $C_2H_5 - OH$ olan etanol motor özellikleri açısından hemen hemen metanolle aynı sayılabilir. Buharlaşıma gizli ısısı metanolden 1,3 kat daha azdır. Enerji yoğunluğunun metanole göre daha yüksek olması motorlu araçlarda daha küçük boyutlarda yakıt deposunun kullanılmasına imkan tanımaktadır.

Etanol suya çok benzeyen renksiz ve berrak bir sıvı olup, su ile tamamen karıştırılabilir. Etanol sulandırıldığında tatlı bir tadı olmakla beraber, konsantre durumunda acı, yakıcı ve etere benzer bir kokusu vardır. Etanol tıpta, losyonlarda, kozmetik sanayisinde, güçlendirici ilaçlarda, kolonyalarda, temizlik maddelerinde, çözücülerde, organik kimyasalların sentezlenmesinde ve taşımacılıkta yakıt olarak çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. İçecek alkolün tarihi çok eski zamanlara dayanmakta olup Sümerler ve Babiller milattan önce 6000 yıllarında bira yapımında kullanmışlardır (Kaplan 2004).

Etanol, içerisinde etil alkol bulunan, şeker, şekeri çevrilebilen selüloz veya nişasta gibi maddelerin fermentasyonu sonucu elde edilen alkol türüdür. Etanol patates, tahıllar, şeker kamışı ve şeker pancarı gibi tarım ürünlerinden elde edilir. Etanol temiz, renksiz ve zehirli olmayan bir sıvıdır. Etanolun ısı değeri benzinden daha düşüktür. Etanol su ile her oranda karışabilme özelliğine sahiptir.

Kendi kendine tutuşma direncinin ifadesi olan oktan sayısının yüksek oluşu, Otto motorlarında sıkıştırma oranının arttırılmasına olanak sağladığından etanolün Otto motorlarında kullanımı daha avantajlıdır. Etanolün ısı değeri petrole göre daha düşüktür, buharlaşma ısısı yüksek, buhar basıncı düşüktür. Buharlaşma ısısının yüksek oluşu motorlarda soğukta ilk hareketi zorlaştırmaktadır.

Benzine etil alkol katılması yanmayı iyileştirmekte, vurutuya dayanıklılığı artırmaktadır. En iyi karışımın % 10 hacimsel oranlı etil alkol – benzin karışımı olduğu belirlenmiştir. Bu karışımında düşük sıkıştırma oranlarında ($\epsilon=7,5$ için) %7; yüksek sıkıştırma oranlarında ($\epsilon=9,5$ için) %15 verim artışı sağlanmaktadır. Ayrıca alkol kullanımı hava kirliliğini önemli düzeyde azaltmaktadır. Kendi kendine ateşleme direncinden dolayı etanol Otto çevrimli motorlarda rahatlıkla kullanılabilir.

Etanol, buharlaşma ısısı, oktan sayısı ve kendi kendine tutuşma sıcaklığı yüksek olduğu için buji ateşlemeli motorlarda (BAM) yüksek sıkıştırma oranlarında kullanılabilir. Bu da motor gücünün artmasını ve özgül yakıt tüketiminin azalmasını sağlamaktadır. Ayrıca etanol, yüksek buharlaşma ısısına sahip olduğu için emilen taze karışım üzerinde soğutucu etki oluşturmakta ve bu da motorun volümetrik verimini artırmaktadır. Etanol buji ateşlemeli motorlarda tek başına ya da benzine belirli oranlarda katılarak kullanılmaktadır. Etanol ile çalışan motorlarda CO, CO₂ ve NO_x emisyonları benzine göre daha az olmaktadır (Çelik 2008).

Alkoller (metanol ve etanol) dizel yakıtı göre daha küçük moleküler yapıya sahip olmaları, yapılarında oksijen bulundurmaları ve dizel yakıtında bulunan kükürt, kanserojen maddeler ve ağır metalleri içermediklerinden egzoz emisyonlarında olumlu etkilere sebep olmaktadır. Metanol kömür veya petrolden ucuza üretilen, fakat dizel yakıt içerisinde çözünürlüğü sınırlı olan bir yakıttır (Çelikten 2004).

Alkol yakıtların avantajları:

- Alkoller, ham petrolden elde edilen yakıtların yerine gelebilirler,

- 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 hacme sahip motorlardan daha büyük güçler alınabilir.
- Yakıt olarak saf metanol kullanılan bir motorun performansında aynı motorun benzinle çalıştırmasına göre %10 daha fazla güç artışları görülmektedir.
- Alkollerin özgül ağırlıklarının, benzin yakıtının özgül ağırlıklarına yakın oluşu kolayca karışım oluşturabileceklerinin göstergesidir. Ancak literatürden elde edilen bilgiler dahilinde karışımın homojen bir şekilde oluşturulabilmesi için metanol ve etanol'ün karışımında seyrelticiler kullanılabilir. Seyrelticilerin kullanılmadığı durumlarda deneyler için manyetik bir karıştırıcı da kullanılabilir.
- Metanol ve etanolün ısıl değerlerinin düşük olmasına rağmen emisyonları azaltıcı etkisi vardır. MTBE'nin ısıl değeri benzin yakıtından daha yüksektir. Bu da yakıtlara ilave edildiğinde güç artışı sağlayabileceği anlamına gelmektedir.
- Alkollerin oktan sayılarının yüksek oluşu benzinli motorlarda performansı artırıcı etkide bulunabilir.

3. MATERYAL ve METOT

Alkollerin benzin motorlarının performans ve emisyonlarına etkisini araştırmak amacıyla aşağıda belirtilen yöntem uygulanmıştır.

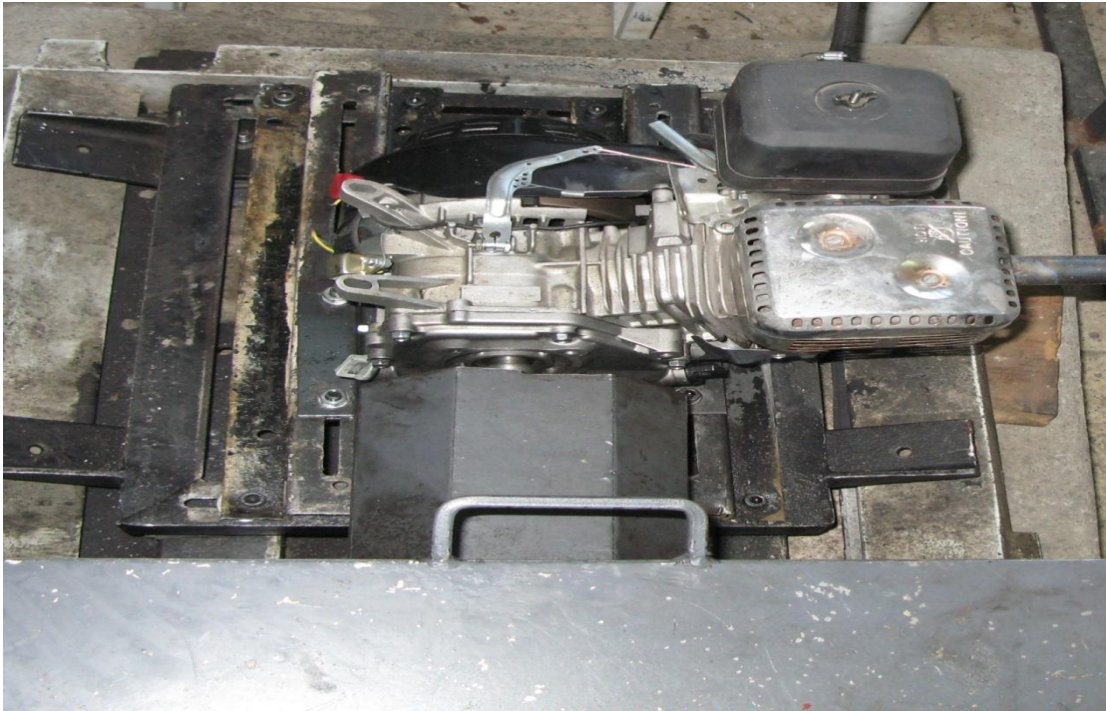
- 1) Testlere başlamadan önce yakıtlara ilave edilecek olan alkollerin fiziksel ve kimyasal özellikleri değerlendirilerek benzin yakıtına karıştırılacak oranlar belirlenmiştir.
- 2) Alkollerin ve yakıtların fiziksel ve kimyasal yapıları göz önünde bulundurularak farklı oranlarda karışımlar hazırlanmıştır.
- 3) Deneyler için benzin motoru ile performans ve emisyon ölçümlerinin yapılacağı deney düzenekleri oluşturulmuştur.
- 4) Benzinli motor için farklı karışım oranlarına sahip olan yakıt türleri ile motor performans ve emisyon ölçüm testleri yapılmıştır.
- 5) Elde edilen değerler yardımıyla performans ve emisyon değişimlerini gösteren diyagramlar ve performans eğrileri çizilerek sonuçlar değerlendirilmiş ve daha önce bu konuda yapılmış olan çalışmalarla karışılaştırmalar yapılmıştır.

3.1 Deney Motoru

Benzin yakıtı ile yapılan testler için Honda GX 160 serisi motor kullanılmıştır. Bu motorların teknik özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Deney motorunun resmi, Resim 3.1’de görölmektedir.

Çizelge 3.1 HONDA GX 160 UT1 SX4 Marka deney motorunun teknik özellikleri

Motorun Markası ve Modeli	HONDA GX 160 UT1 SX4
Motor Tipi	Hava soğutmalı, 4 zamanlı OHC benzinli motor.
Silindir Sayısı	1
Silindir Hacmi	163 cm ³
Silindir Çapı	68 mm
Strok	45 mm
Sıkıştırma Oranı	8,5:1
Soğutma Sistemi	Hava soğutmalı
Maksimum Motor Devri	4800 d/dak
Motor Gücü	4,1 kW (5,5 BG/3600 d/dak)



Resim 3.1 HONDA GX 160 UT1 SX4 Marka deney motoru

3.2 Deney Yakıtları

Alkol tarım ürünlerinden ve kömürden üretilmektedir. Alkollerin motor yakıtlarına alternatif olma nedenlerinden biriside emisyonları düşük olmasıdır. Alkol esaslı yakıtları iki grupta incelemek mümkündür.

Metanol, etanol benzinli motorlarda saf olarak veya değişik oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. Kimyasal formülü $CH_3 - OH$ olan metanol çok hafif hissedilebilen, renksiz, kokusuz zehirli bir alkol çeşididir. Metanol benzine ve motorine göre daha geniş tutuşma aralığına sahiptir. Bu sebeple depodaki doymuş buhar, çevre sıcaklıklarında patlayıcı olabilmektedir. % 49,9'unu yakıcı özelliği bulunan oksijen oluşturur.

Etanol renksiz, saydam hafif kokulu bir sıvıdır. Kimyasal formülü C_2H_5-OH olan etanol motor özellikleri açısından hemen hemen metanolla aynı sayılabilir. Buharlaşma gizli ısısı metanoldan 1,3 kat daha azdır. Enerji yoğunluğunun metanole göre daha yüksek olması motorlu araçlarda daha küçük boyutlarda yakıt deposunun kullanılmasına imkan tanımaktadır.

MTBE moleküler formülü $C_2H_{12}O$ olan metanol ve izobütülenin kimyasal reaksiyonu sonucu oluşan bir bileşiktir. Uçucu, kolay tutuşabilen, renksiz, suda çözünebilen bir sıvıdır (Baus ve ark., 2005).

Benzin motorlarıyla yapılan deneylerde Çizelge 3.2'de özellikleri verilen yakıtlar kullanılmıştır. Deney yakıtlarının resmi, Resim 3.2'de görülmektedir. Aşağıda sırayla kullanılan alkol – benzin karışımlarının kısaltmaları ve karışım oranları görülmektedir.

MTBE10 (%90 benzin-%10 MTBE karışımı)

MTBE20 (%80 benzin-%20 MTBE karışımı)

MTBE30 (%70 benzin-%30 MTBE karışımı)

E10 (%90 benzin-%10 etanol karışımı)

E20 (%80 benzin-%20 etanol karışımı)

E30 (%70 benzin-%30 etanol karışımı)

M10 (%90 benzin-%10 metanol karışımı)

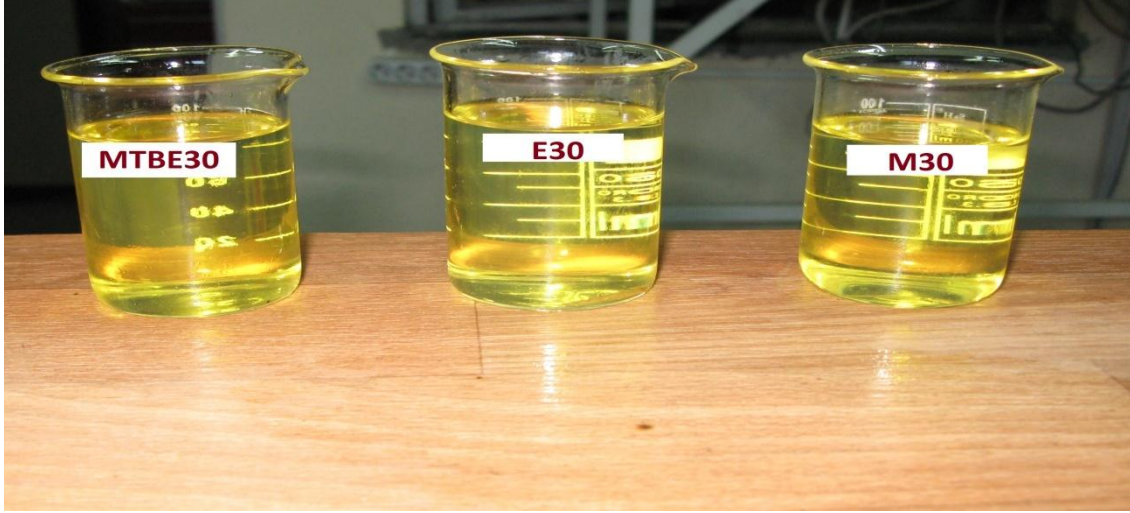
M20 (%90 benzin-%20 metanol karışımı)

M30 (%90 benzin-%30 metanol karışımı)

Çizelge 3.2 Yakıtların ve alkollerin fiziksel özellikleri

Özellikler	Metanol	Etanol	MTBE (MetylTetryButilEthet)	Benzin
Kimyasal denklemi	CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH	C ₅ H ₁₂	C ₈ H ₁₈
Molekül Ağırlığı	32.04	46,07	88.15	91,4
Oksijen (wt%)	49.9	34.7	18.2	18.2
Özgül Ağırlığı (gr/cm³) SIVI	0.796	0,796	0.744	0,73
Isıl değeri (MJ/kg)	20.1	26,9	44	43,4
Kaynama noktası (°C)	65.1	78	55	32–221
Donma noktası (°C)	-97.6	-114	-108.8	-56
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı (°C)	11.2	12.8	-25.6	257
Oktan sayısı ROS (Araştırma oktan sayısı)	107	108	116	91–100

Resim 3.2’de görülen MTBE30, E30 ve M30 karışımlarının her üçünün de renkleri berrak sarıdır. Gözle yapılan kontrolde 1 saat içinde gözle görünür bir faz ayrışması tespit edilmiştir. Deneylerde kullanılan alkollerin özgül ağırlıklarının benzinden biraz fazla oluşu da dikkate alınarak, karışıma homojen bir özellik kazandırabilmek amacıyla manyetik bir karıştırıcı deneylerde kullanılmıştır.



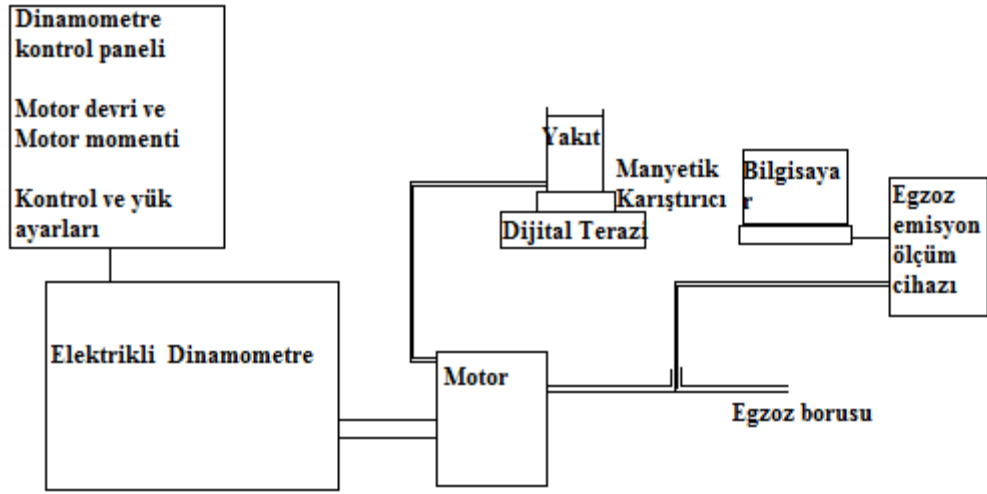
Resim 3.2 %30 Alkol-Benzin karışımı deney yakıtları

3.3 Deney düzeneği

Deneyler Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi otomotiv laboratuvarında yapılmıştır. Motor performans ve emisyon testleri %100 sabit gaz keleşbeği açıklığında dinamometre yükü değiştirilerek değişik motor devri testi şeklinde yapılmıştır. Deneylere motor yüksüzken tam gaz konumunda başlanmış dinamometre ile motor yüklenerek motorun çalışabileceği en düşük devre ininceye kadar belirli devir aralıklarında yüklemeler yapılmış motor devri, motor momenti, yakıt tüketimi ve emisyon değerleri kaydedilmiştir. Dinamometreden alınan motor devri ve motor momenti değerleri aynı test şartları için en az iki değer almak suretiyle bu değerlerin aritmetik ortalaması şeklinde kaydedilmiştir. Yakıt sarfiyatı ölçümünde ise hassas kronometre ile baz olarak 1 dakikadaki yakıt tüketimleri hassas dijital terazi ile ölçülmüştür. Emisyon cihazından alınan emisyon değerleri ise her bir test noktasında 7 değer alınarak bu değerlerin aritmetik ortalaması şeklinde kaydedilmiştir. Testlerde motor performans ve egzoz emisyon değerlerini kaydetmek için dinamometre ile motor yüklendikten sonra motor devri ve motor momentinin sabit olması beklenmiş bu noktadan sonra değerler alınmaya başlanmıştır.

Şekil 3.1’de deney düzeneğinin şeması görölmektedir. Testlerde benzinli motor elektrikli dinamometre tezgahına bağlanarak deneyler yapılmıştır. Deney düzeneğinin

resmi, Resim 3.3’de görülmektedir.



Şekil 3.1 Test düzeneği



Resim 3.3 Deney düzeneği

3.4 Emisyon Cihazı

Deneylerde TESTO 350-S marka egzoz emisyon cihazı kullanılmıştır. Egzoz emisyon cihazının teknik özellikleri Çizelge 3.3’de ve teknik özellikleri Çizelge 3.4’de verilmiştir. Deney kullanılan emisyon cihazının resmi, Resim 3.4’de görülmektedir.

Çizelge 3.3 Emisyon cihazının genel özellikleri

Saklama sıcaklığı	-20 ... +50 °C
Çalışma sıcaklığı	-5 ... +45 °C
Ağırlık	4800 g
Boyut	330 x 128 x 438 mm

Çizelge 3.4 TESTO 350-S marka egzoz emisyon cihazının teknik özellikleri

	Ölçüm Aralığı	Hassasiyeti
CO	0 ... +10.000 ppm CO	±10% ölç.değ. (+2.001 ... +10.000 ppm CO)
	±5% ölç.değ. (+200 ... +2.000 ppm CO)	±10 ppm CO (0 ... +199 ppm CO)
CO ₂	0 ... +50 Vol. % CO ₂	±0.5 Vol. % CO ₂
	±0.3 Vol. % CO ₂	+ 1.5% ölç.değ. (>25 ... 50 Vol. % CO ₂)
	+ 1% ölç.değ. (0 ... 25 Vol. % CO ₂)	0.01 Vol. % CO ₂
NO _x	0 ... +4.000 ppm NO _x	±10% ölç.değ. (+2.000 ... +4.000 ppmNO _x)
	±5% ölç.değ. (+100 ... +1.999 ppmNO _x)	±5 ppm CO (0 ... +99 ppm CO)
O ₂	0 ... +25 Vol. % O ₂	±0.8% tam ölçüm skalası (0 ... +25 Vol. % O ₂)



Resim 3.4 TESTO 350-S marka egzoz emisyon cihazı

3.5 Kontrol Paneli

Kontrol panelinde sistemin açılıp kapanmasını sağlayan start/stop düğmeleri bulunmaktadır. Dinamometre yükleme reostası düğme tarafından sağlamaktadır. Motor devri, sistemin gerilim ve akım değerleri de dijital göstergelerden okunabilmektedir. Deney kullanılan kontrol panelinin resmi, Resim 3.5’de görülmektedir.



Resim 3.5 Kontrol Paneli

3.6 Moment Ölçer (Loadcell)

Deney kullanılan moment ölçer cihazımızın hassasiyeti %0,003'tür. Moment ölçer cihazının teknik özellikleri Çizelge 3.5'de verilmiştir. Deney kullanılan moment ölçerin resmi, Resim 3.6'de görülmektedir.

Çizelge 3.5 Loadcell Özellikleri

Doğruluk		Loadcell	
Doğruluk derecesi (OIML onaylı)	7000d (III)	Loadcell	8 adet (350ohm)
Giriş hassasiyeti	0.5µV/dijit	Analog giriş aralığı	± 160mV/V
Hassasiyet	%0.003	Uyarım voltajı	10V DC
Stabilite	3.6ppm/°C	Çevre	
A/D dönüştürücü	24 bit Sigma-Delta	Çalışma sıcaklığı aralığı (OIM onaylı)	-10°C+40°C
Dijital filtre	Ayarlanabilir sayısal filtreleme	Depolama sıcaklık aralığı	-20°C+70°C
Okuma frekansı	50Hz	Çalışma voltajı ve güç	10-35V DC - 5W
Muhafaza			
Materyal ve koruma derecesi	Alüminyum, IP66	Klavye	

Ağırlık	1kg	Ağırlık Göstergesi	4.5 mm, 40-pixel, green LCD, 2x16 digit
Paket ağırlığı ve boyutları	1.1kg, 15x24x6cm		
İletişim	Standart Seçenekli		
Seri iletişim çıkışı	RS232 / RS485 -		
Dijital giriş/çıkış	- 2 çıkış (250V/2A röle)		
Analg çıkış	- 4-20mA		



Resim 3.6 Moment Ölçer (Loadcell)

3.7 Manyetik Karıştırıcı

Deney kullanılan manyetik karıştırıcı cihazımızın devri 100-1200 d/dak'dır. Manyetik karıştırıcı cihazının teknik özellikleri Çizelge 3.6'de verilmiştir. Deney kullanılan manyetik karıştırıcının resmi, Resim 3.7'de görülmektedir. Yakıtların yoğunluk farkından dolayı

homojen olarak karışamama problemini ortadan kaldırabilmek amacıyla alkol – benzin karışımlarında kullanılmıştır.

Çizelge 3.6 Manyetik karıştırıcının teknik özellikleri

Model	M22
Devir	100 - 1200 rpm
Maksimum Sıcaklık	300 C
Hız Ayarı	Analog
Sıcaklık Ayarı	Analog
Tabla Malzemesi	Paslanmaz Çelik
Tabla Ebadı	120 mm, Dairesel
Gövde	Fırın Boyalı (DKP) Saç
Güç Kaynağı	220 V 50 Hz
Ebatlar	150x120x210 mm
Ağırlık	1,7 kg
Aksesuar	1 adet Teflon Kaplı Balık



Resim 3.7 Elektro-mag M22 marka manyetik karıştırıcı

3.8 Terazı

Deneyde kullanılan dijital terazinin 0,1 gram hassasiyetinde ve maksimum 30 kg ölçüm yapabilir. Resim 3.8’de Densi marka dijital terazinin resmi görülmektedir. Terazı 0,1 gram hassasiyetinde maksimum 30 kg ölçüm yapabilir.



Resim 3.8 Densi PC-100 W-30SS marka terazı

3.9 Belirsizlik Analizi

Motor performansına ait verilerin alınması ve hesaplanmasına ait yapılan belirsizlik analizinde değerlerdeki hata oranları Çizelge 3.7’de gösterilmiştir. % 1 ile % 1,5 arasında değişen hata oranlarının (belirsizliklerin) grafikleri etkilemediği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 3.7 Belirsizlik analizi

Parametreler	Özellikler
Tork (Nm)	Belirsizlik = $\pm\%1$
Güç (kW)	Belirsizlik = $\pm\%1.41$
Özgöl Yakıt Tüketimi (g/kWh)	Belirsizlik = $\pm\%1.5$

3.10 Metot

Test motorunda değişik devir testleri yapılmıştır. Her karışım için motor performans değerleri ve emisyon ölçümleri ayrı ayrı yapılmıştır. Motor uygun çalışma sıcaklığına ulaşıncıa dinamometreyle yükleme yapılarak motor devri istenen devre getirilmiştir. Her karışım için moment, güç ve özgül yakıt tüketimi olan motor performans değerleri ve CO, CO₂, O₂, NO_x değişimleri kaydedilmiştir.

Dinamometre, elektrikli dinamometre olup 1-12 kW arasında güç ölçüm kapasitesine sahiptir. Emisyon test cihazından alınan verilerin kayıt ve düzenleme işlemleri için dizüstü bir bilgisayar ve emisyon cihazına ait test kayıt programı kullanılmıştır. Alkoller ile benzin yakıtının yoğunlukları birbirine yakın olmakla birlikte aralarında birbiri içine homojen bir şekilde karışmasını engelleyecek kadar faz farkı bulunmaktadır. Yakıt karışımlarında homojenliği sağlamak amacıyla manyetik bir karıştırıcı kullanılmıştır. Egzoz borusu uygun bağlantılar ile bina dışına verilmiştir.

Testlerde doğru sonuçların belirlenebilmesi amacıyla her bir test durumunda en az 7 emisyon değeri alınmıştır. Bunun yanı sıra motor devri ve motor momenti değerleri her test aşamasında iki değer olarak kaydedilmiştir. Testlerden elde edilen sonuçlar değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak belirlenmiştir. Benzine ilave edilen alkoller hacimsel olarak % karışım oranları ile belirtilmiştir. Deneylerde Çizelge 3.2’de belirtilen alkollerden MTBE, Etanol ve Metanol kullanılmıştır. Bütanol ve Dietil eter katkıları denenmiş ancak benzinli motorda kararlı çalışma şartları sağlanamadığından bu alkoller benzinli motorda denenememiştir.

4. BULGULAR

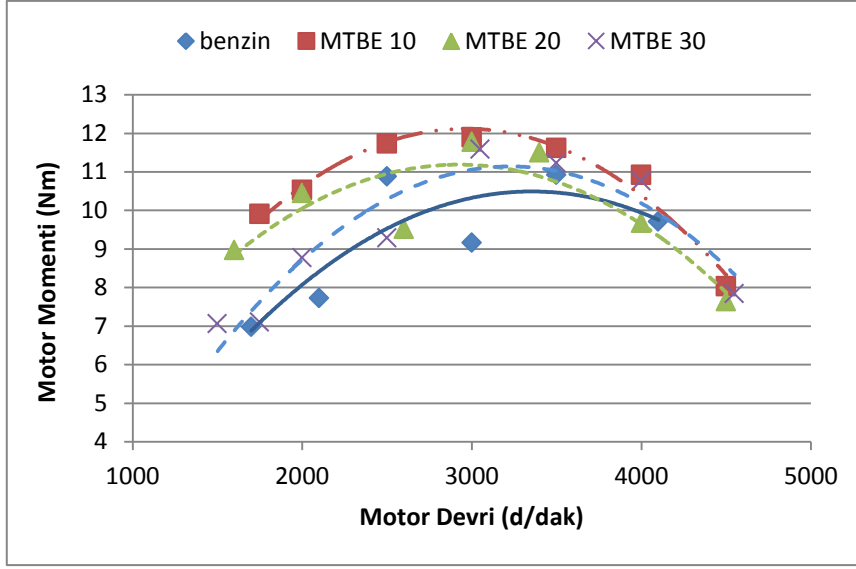
Test motoruyla, benzin ve çeşitli oranlardaki (%10, %20 ve %30) benzin-MTBE, benzin-etanol ve benzin-metanol karışimli yakıtların deneyleri yapılmıştır. Buna göre düşük, orta ve yüksek motor devirlerinde gerçekleştirilen testler sonucunda motor performans ve egzoz emisyon değerleri ölçülerek birbirleri arasında ve benzine göre karşılaştırmaları yapılmıştır. Elde edilen ölçüm değerleri EK 1' de gösterilmiştir.

4.1 Benzin - Alkol Karışimli Yakıtların Motor Performansı Açısından Karşılaştırılması

Benzine sırası ile %10, %20, %30 alkol (MTBE, etanol ve metanol) katılarak yapılan deneyler sonucunda aşağıdaki grafikler elde edilmiştir. Buna göre benzin ve benzin-alkol yakıtının moment, motor gücü ve özgül yakıt tüketimi açısından karşılaştırılması yapılmıştır.

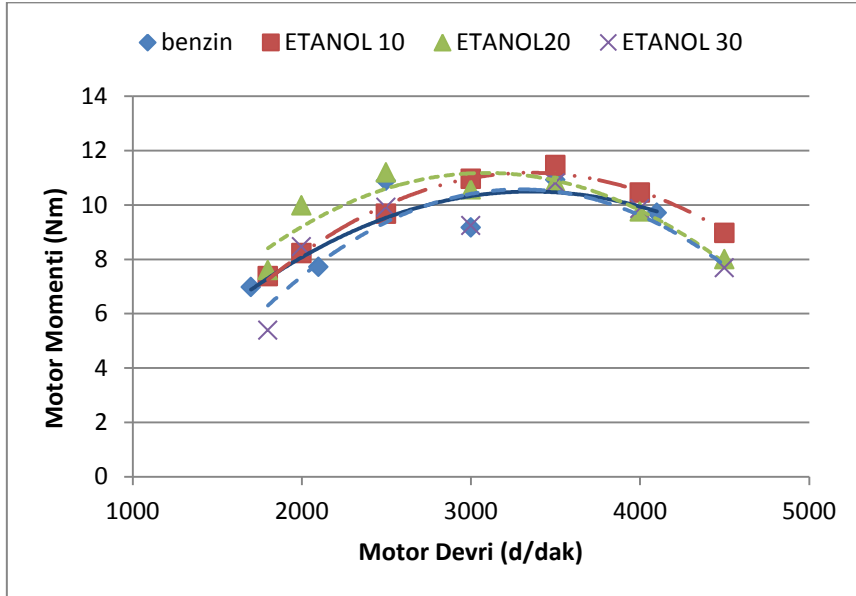
4.1.1 Motor Momenti Değişimleri

Şekil 4.1'de % 10 oranında benzine karıştırılan MTBE10'un moment değerlerinin diğer karışımlara ve benzine göre yüksek çıktığı görülmektedir. Motor momentinin en yüksek değerleri, benzin ve MTBE-benzin karışımlarında ortalama 2500 ile 3500 d/dak'lık motor devrinde almaktadır. MTBE10 yakıtında en yüksek motor moment değeri 3000 d/dak'lık motor devrinde 11,89 Nm olarak ölçülmüştür. Benzin yakıtından elde edilen motor momenti değerleri ortalama olarak MTBE10 yakıtından %13,44, MTBE20 yakıtından %7, MTBE30 yakıtından %2 daha düşük çıkmıştır.



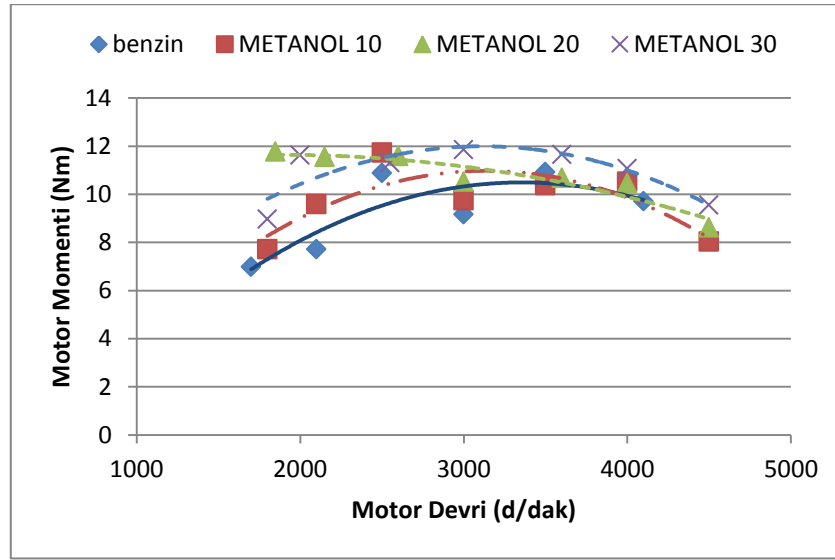
Şekil 4.1 MTBE-Benzin karışımının motor momentine etkisi

Şekil 4.2’de motorun düşük devirlerinde E20 yakıtının ve yüksek devirlerinde ise E10 yakıtının moment değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Benzin yakıtından elde edilen motor momenti değerleri ortalama olarak E10 yakıtından %3,7, E20 yakıtından %4,89 daha düşük ve E30 yakıtından %5,05 daha yüksek çıkmıştır.



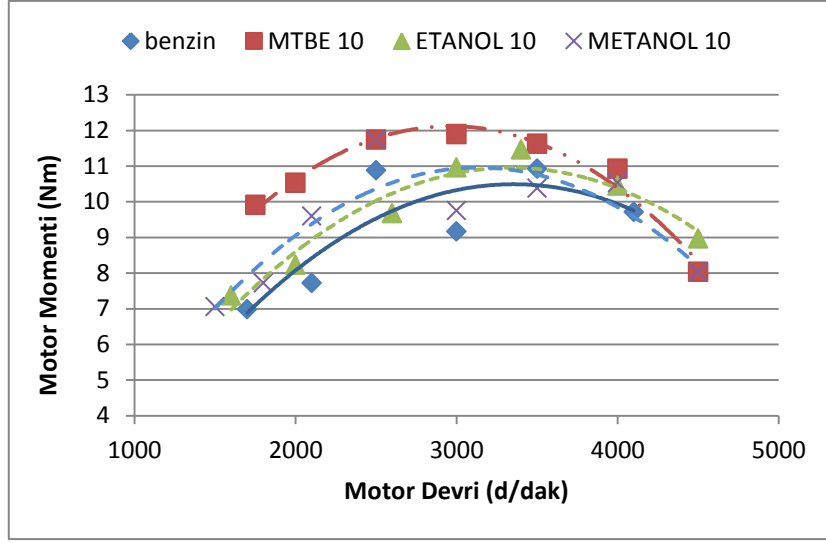
Şekil 4.2 Etanol-Benzin karışımının motor momentine etkisi

Şekil 4.3'te M30 yakıtının moment değerlerinin diğer karışımlara ve benzine göre yüksek çıktığı görülmektedir. Motor moment değerleri en yüksek değerlerinin metanol-benzin karışımları ve benzinde ortalama 2500 ile 4000 d/dak'lık motor devrinde almaktadır. M30 yakıtında en yüksek motor moment değeri 3000 d/dak'lık motor devrinde 11,85 Nm olarak ölçülmüştür. Benzin yakıtından elde edilen motor moment değeri ortalama olarak M10 yakıtından %8,25 daha yüksek, M20 yakıtından %14 ve M30 yakıtından %15 daha düşük çıkmıştır.



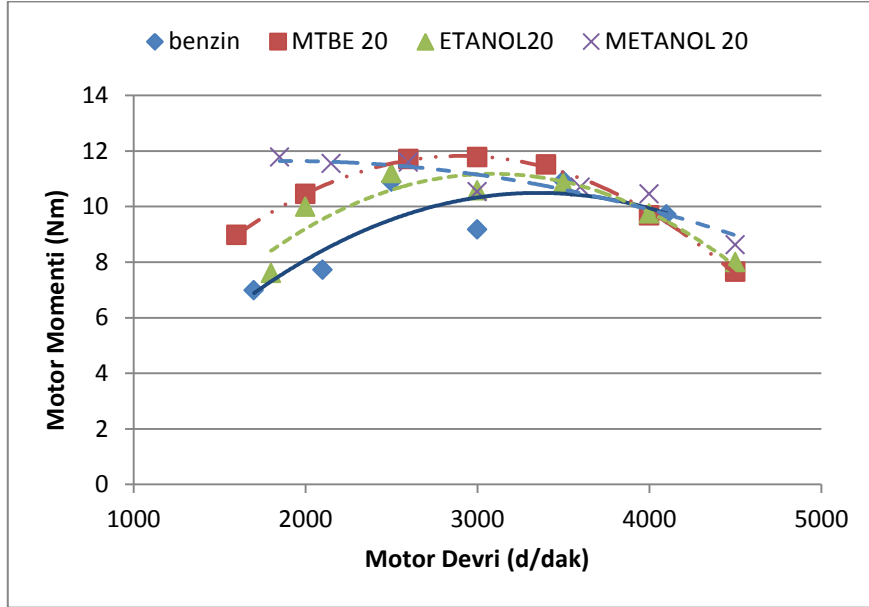
Şekil 4.3 Metanol-Benzin karışımının motor momentine etkisi

Şekil 4.4'te % 10 oranında benzine karıştırılan MTBE10'un moment değerlerinin diğer karışımlara ve benzine göre yüksek çıktığı görülmektedir. Motor momentinin en yüksek değerleri, benzin ve MTBE-benzin karışımlarında ortalama 2500 ile 3500 d/dak'lık motor devrinde almaktadır. MTBE10 yakıtında en yüksek motor moment değeri 3000 d/dak'lık motor devrinde 11,89 Nm olarak ölçülmüştür. Benzin yakıtından elde edilen motor moment değeri ortalama olarak MTBE10 yakıtından %13,44, E10 yakıtından %3,73 düşük, M10 yakıtından %8,25 daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.4 %10 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının motor momentine etkisi

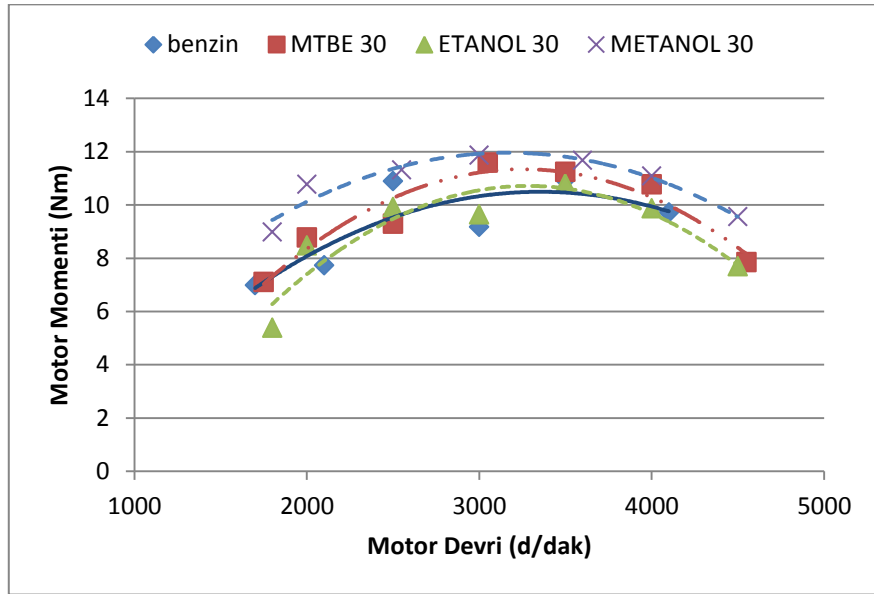
Şekil 4.5'te motorun düşük devirlerinde E20 yakıtının moment değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Benzin yakıtından elde edilen motor moment değeri ortalama olarak MTBE20 yakıtından %7,08, E20 yakıtından %4,89, M20 yakıtından %14,07 daha düşük çıkmıştır.



Şekil 4.5 %20 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının motor momentine etkisi

Şekil 4.6’da M30 yakıtının moment değerlerinin diğer karışımlara ve benzine göre yüksek çıktığı görülmektedir. Motor moment değerleri en yüksek değerlerinin METANOL-benzin karışımları ve benzinde ortalama 2500 ile 4000 d/dak’lık motor devrinde almaktadır. M30 yakıtında en yüksek motor momenti değeri 3000 d/dak’lık motor devrinde 11,85 Nm olarak ölçülmüştür. Benzin yakıtından elde edilen motor momenti değerleri ortalama olarak MTBE30 yakıtından %2,94, M30 yakıtından %15,04 düşük, E30 yakıtından %5,05 daha yüksek çıkmıştır. MTBE, etanol ve metanol %10, %20, %30 yakıtlarının motor moment değeri fazla olmasının nedeni olarak alkollerin içerisinde oksijenin fazla oluşunun yanmayı olumlu yönde etkilediği söylenebilir (Eyidoğan 2009). Bunun sonucunda da motor momenti olumlu yönde etkilenmektedir.

Motor devrine bağlı olarak çizilen motor momenti diyagramlarında farklı karışımlarda ve benzin yakıtında moment değerleri birbirinden farklı olmasına rağmen değişim şekilleri birbirine benzemektedir.



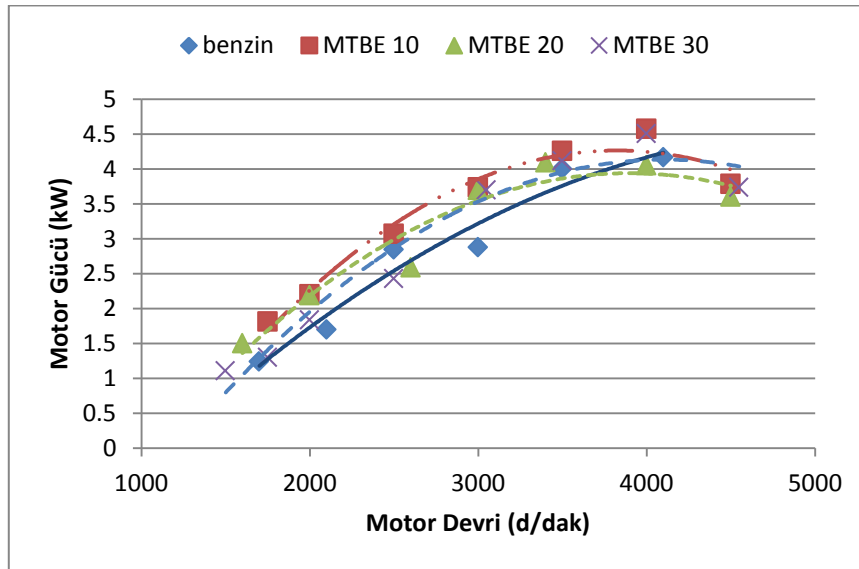
Şekil 4.6 %30 MTBE-Benzın, Etanol-Benzın, Metanol-Benzın karışımın motor momentine etkisi

Düşük devirlerde silindir içindeki hava/yakıt karışımının yeterince homojen bir yapıya

sahip olamaması ortalama efektif basıncın dolayısı ile motor momentinin düşük çıkmasına sebep olmaktadır. Artan motor devri ile birlikte silindir içindeki hava- yakıt karışımının atomizasyonu iyileştirmekte ve ortalama efektif basınç yükselmektedir. Ortalama efektif basınçla doğrudan değişen motor momentide artmaktadır. Tüm yakıtlar için ortalama 2500-3500 d/dak devir aralığında atomizasyon ve yanma koşulları yeterli olduğu için motor momentleri bu aralıkta yüksektir. Motor devri arttırıldığında alevin ilerleme hızı düşmektedir. Alevin ilerleme hızındaki düşüş ortalama efektif dolayısıyla motor momentinde de düşmeye neden olacaktır.

4.1.2 Motor Gücü Değişimleri

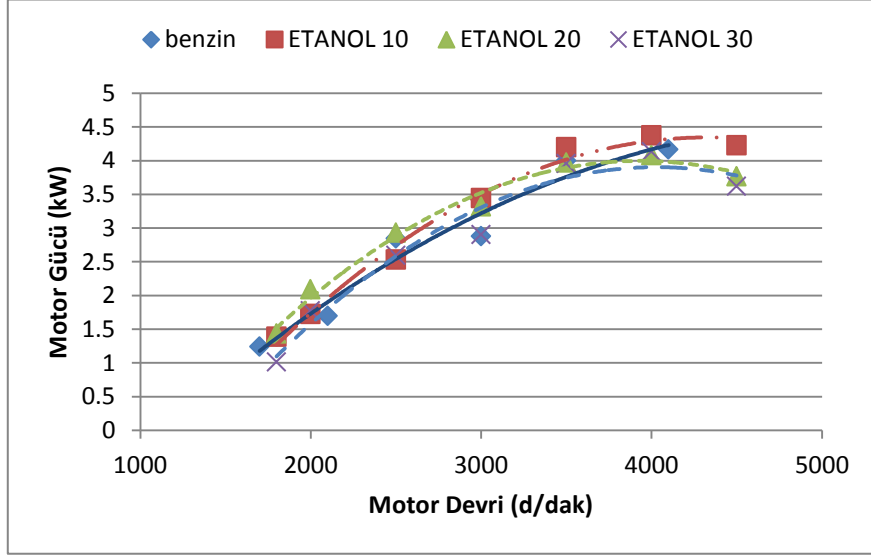
Şekil 4.7’de MTBE10’un motor gücü değerlerinin diğer karışımlara ve benzine göre yüksek çıktığı görülmektedir. MTBE10 yakıtında en yüksek motor gücü değeri 4000 d/dak’lık motor devrinde 4,57 kW olarak ölçülmüştür. Benzin yakıtından elde edilen motor gücü değerleri ortalama olarak MTBE10 yakıtından %16,21, MTBE20 yakıtından %9,59 ve MTBE30 yakıtından %9,16 daha düşük çıkmıştır.



Şekil 4.7 MTBE-Benzin karışımının motor gücüne etkisi

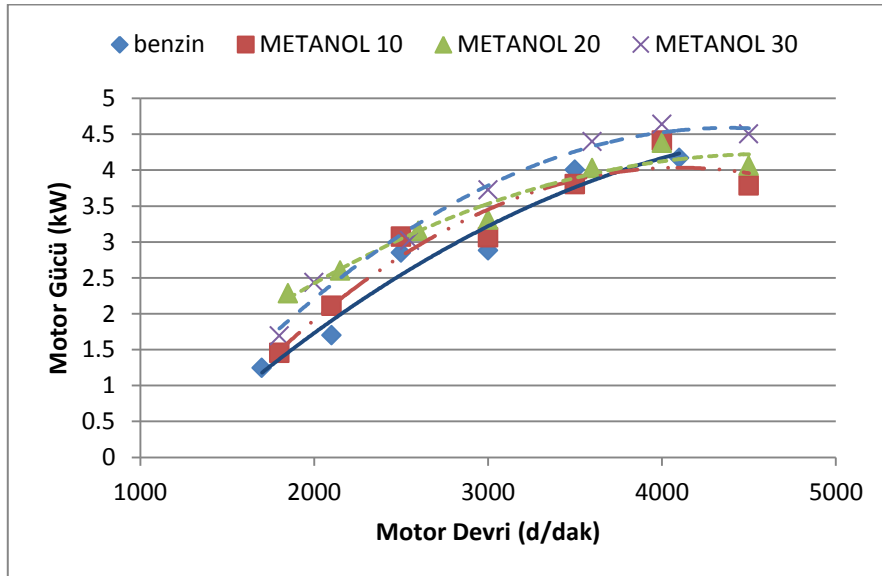
Şekil 4.8 incelendiğinde, Etanol benzin karışımlarının benzine göre motor güçlerinin daha yüksek çıktığı söylenebilir. E20 yakıtı diğerlerine göre daha yüksek güç değerleri

vermiştir. Benzin yakıtından elde edilen motor gücü değerleri ortalama olarak E10 yakıtından %9,55, E20 yakıtından %9 ve E30 yakıtından %1,74'ten daha düşük çıkmıştır.



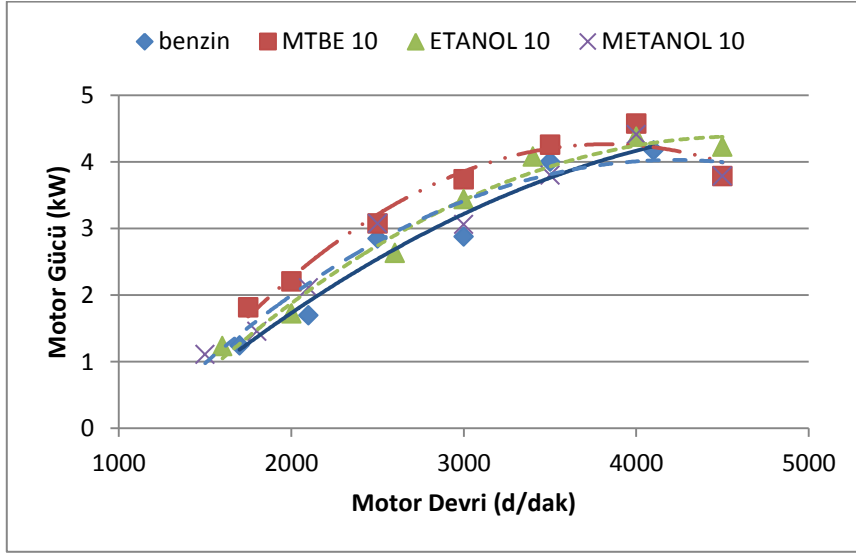
Şekil 4.8 Etanol-Benzin karışımının motor gücüne etkisi

Şekil 4.9 incelendiğinde, maksimum motor gücünün M30 yakıtının kullanıldığı deneyde 4000 d/dak'da 4,63 kW olduğu görülmektedir. Benzin yakıtından elde edilen motor gücü değerleri ortalama olarak M10 yakıtından %3,35 daha yüksek değerlerde, M20 yakıtından %17,48 ve M30 yakıtından %19,5 daha düşük değerlerde çıkmıştır.



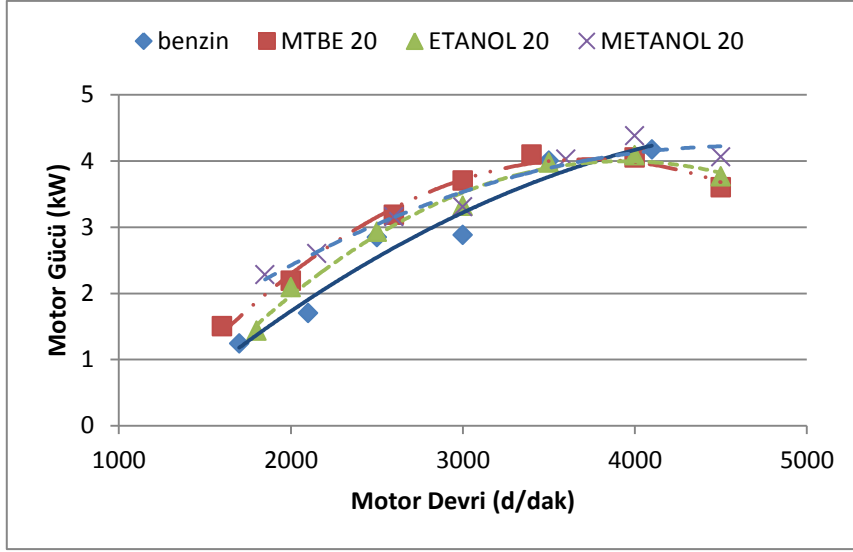
Şekil 4.9 Metanol-Benzin karışımının motor gücüne etkisi

Şekil 4.10'da MTBE10'un motor gücü değerlerinin diğer karışımlara ve benzine göre yüksek çıktığı görülmektedir. MTBE10 yakıtında en yüksek motor gücü değeri 4000 d/dak'lık motor devrinde 4,57 kW olarak ölçülmüştür. Benzin yakıtından elde edilen motor gücü değerleri ortalama olarak MTBE10 yakıtından %16,21, E10 yakıtından %9,55 düşük, M10 yakıtından %3,35 daha yüksek çıkmıştır.



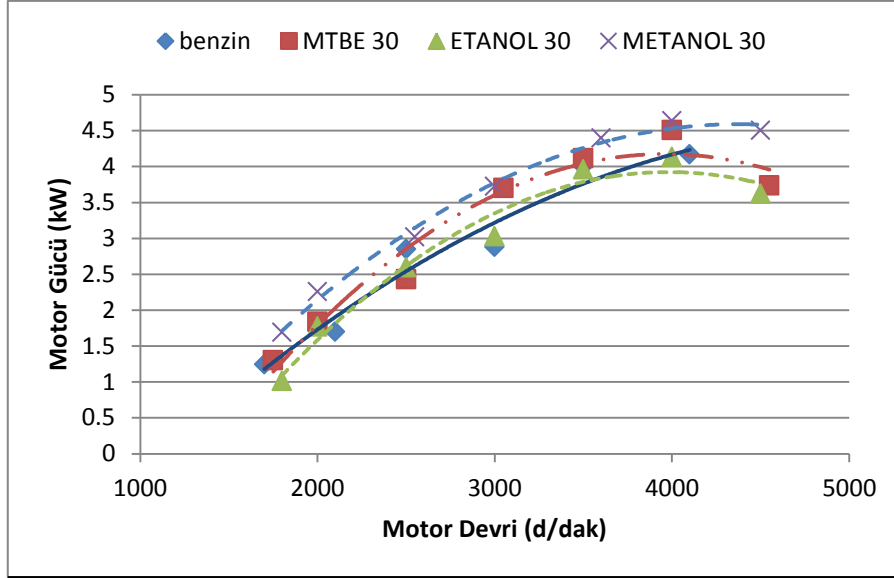
Şekil 4.10 %10 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının motor gücüne etkisi

Şekil 4.11 incelendiğinde, benzin yakıtından elde edilen motor gücü değerleri ortalama olarak MTBE20 yakıtından %9,59, E20 yakıtından %9,04 ve M20 yakıtından %17,48 daha düşük çıkmıştır.



Şekil 4.11 %20 MTBE-Benzın, Etanol-Benzın, Metanol-Benzın karışımın motor gücüne etkisi

Şekil 4.12 incelendiğinde, maksimum motor gücünün M30 yakıtının kullanıldığı deneyde 4000 d/dak'da 4,63 kW olduğu görülmektedir. Benzin yakıtından elde edilen motor gücü değerleri ortalama olarak MTBE30 yakıtından %9,16, E30 yakıtından %1,74 ve M30 yakıtından %19,50 daha düşük çıkmıştır. MTBE, etanol ve metanol %10, %20, %30 yakıtlarının motor gücü değeri fazla olmasının nedeni alkollerin içerisinde oksijenin fazla olması yanmayı olumlu olarak etkilemektedir (Eyidoğan 2009). Bunun sonucunda da motor gücü olumlu yönde etkilenmektedir.

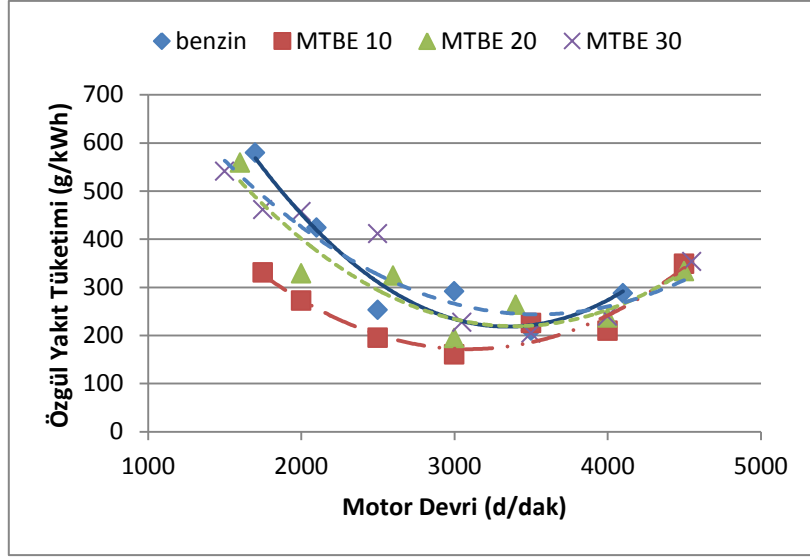


Şekil 4.12 %30 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının motor gücüne etkisi

Güç değişimi motor momentine ve devire bağlı olduğu için motor momenti ve motor devri arttıkça güç de artar. Motorun yüksek devirlerinde motor momentinin azalmaya başlaması sonucunda motor gücü sabit kalmakta veya azalmaktadır.

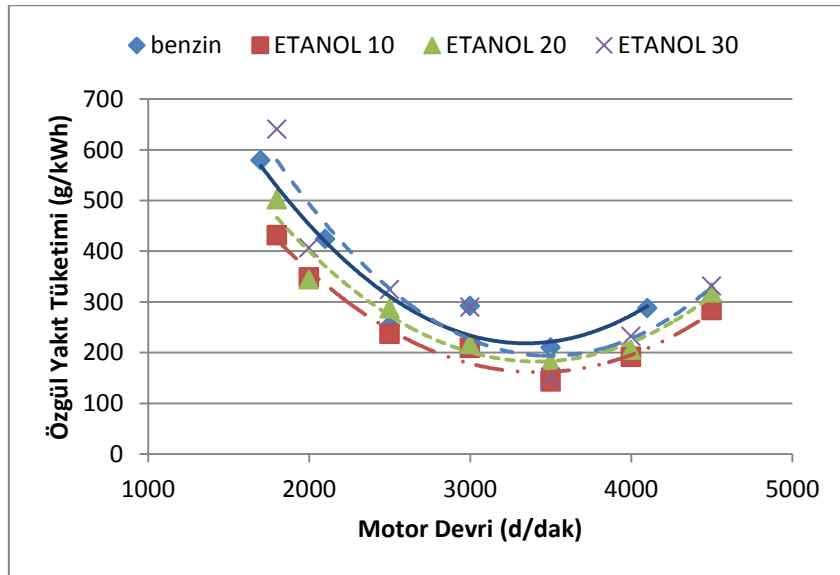
4.1.3 Özgül Yakıt Tüketimi

Şekil 4.13’de değişik motor devirlerine göre çizilmiş özgül yakıt tüketimi eğrisi görülmektedir. Minimum özgül yakıt tüketimi MTBE10 yakıtının kullanıldığı deneylerde 3000 d/dak’da 160,55 g/kWh olarak ölçülmüştür. MTBE10 yakıtının kullanıldığı deneylerde özgül yakıt tüketimi değerleri, diğer yakıtlara göre daha düşük çıkmıştır. Benzin yakıtından elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri ortalama olarak MTBE10 yakıtından %26,99 ve MTBE20 yakıtından %6,12 daha yüksek ve MTBE30 yakıtından %0,01 daha düşük çıkmıştır.



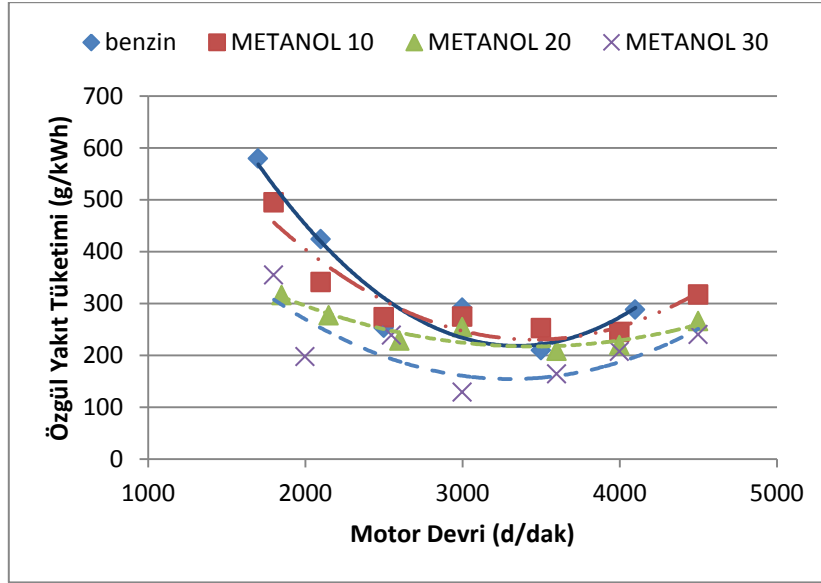
Şekil 4.13 MTBE-Benzın karışımının özgül yakıt tüketimine etkisi

Şekil 4.14 incelendiğinde, diğer yakıtlara göre en düşük özgül yakıt tüketimi değerleri E10 yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilmiştir. Minimum özgül yakıt tüketimi E10 yakıtında, 3500 d/dak'da, 142,76 g/kWh olarak ölçülmüştür. Benzin yakıtından elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri ortalama olarak E10 yakıtından %20,64 ve E20 yakıtından %13,38 daha yüksek ve E30 yakıtından %2,36 daha düşük çıkmıştır.



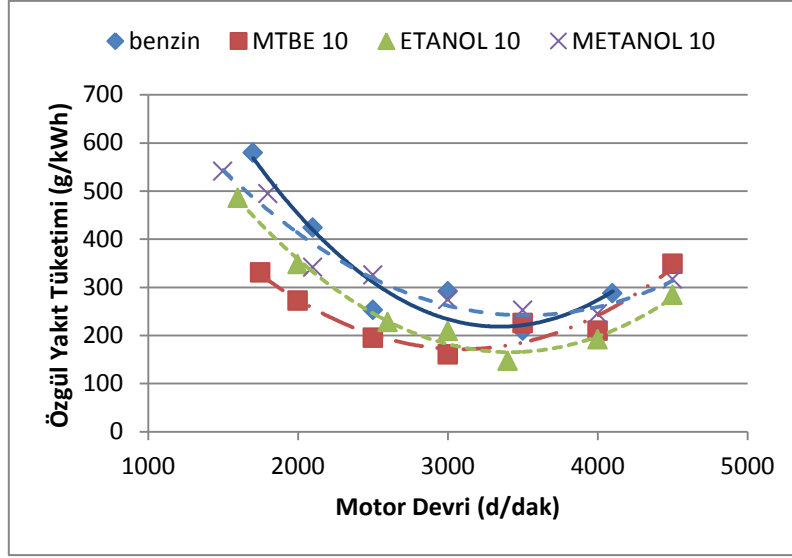
Şekil 4.14 Etanol - Benzin karışımının özgül yakıt tüketimine etkisi

Şekil 4.15'te minimum özgül yakıt tüketimi M30 yakıtının kullanıldığı deneylerde 3000 d/dak'da, 128,8 g/kWh olarak ölçülmüştür. M30 yakıtının kullanıldığı deneylerde özgül yakıt tüketimi değerleri diğer yakıtlara göre daha düşük çıkmıştır. Benzin yakıtından elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri ortalama olarak M10 yakıtından %17,5, M20 yakıtından %27,17 ve M30 yakıtından %35,89 daha yüksek çıkmıştır.



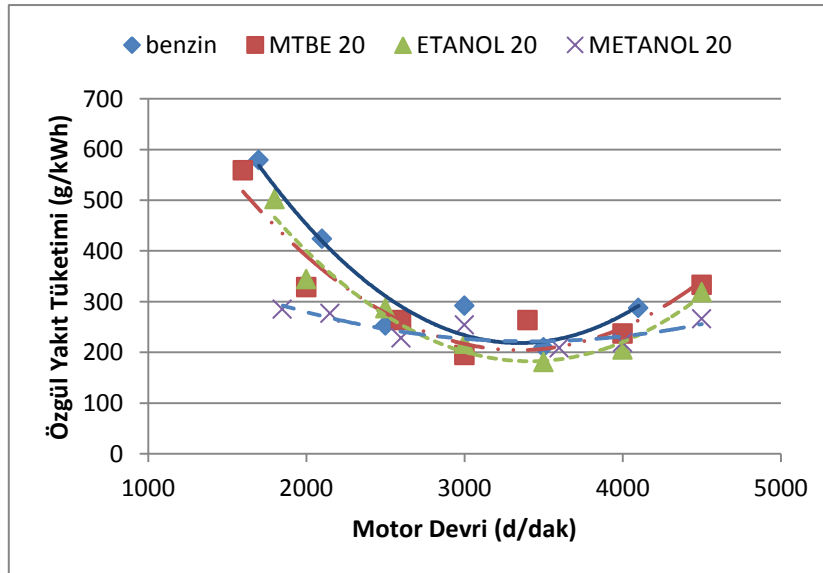
Şekil 4.15 Metanol - Benzin karışımının özgül yakıt tüketimine etkisi

Şekil 4.16'da değişik motor devirlerine göre çizilmiş özgül yakıt tüketimi eğrisi görülmektedir. Minimum özgül yakıt tüketimi MTBE10 yakıtının kullanıldığı deneylerde 3000 d/dak'da 160,55 g/kWh olarak ölçülmüştür. MTBE10 yakıtının kullanıldığı deneylerde özgül yakıt tüketimi değerleri, diğer yakıtlara göre daha düşük çıkmıştır. Benzin yakıtından elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri ortalama olarak MTBE10 yakıtından % 26,99, E10 yakıtından %20,64 ve M10 yakıtından %17,50 daha yüksek çıkmıştır.



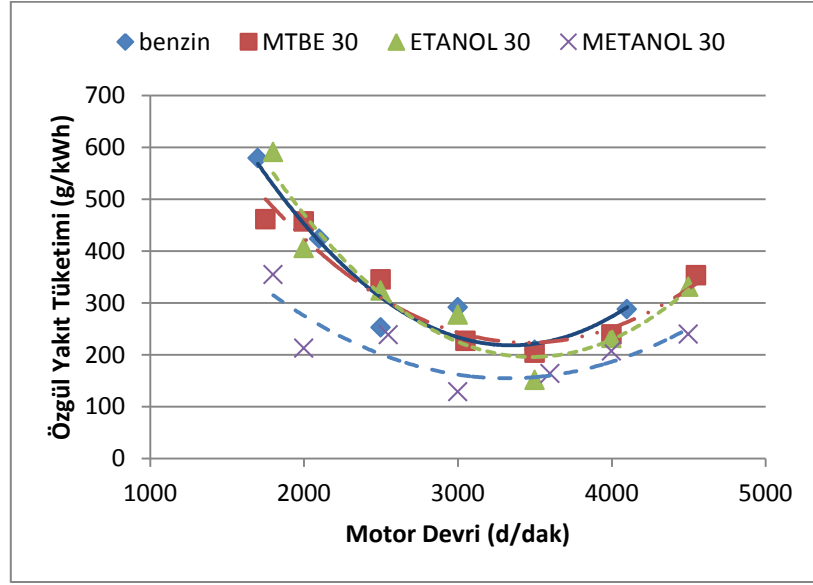
Şekil 4.16 %10 MTBE-Benzın, Etanol-Benzın, Metanol-Benzın karışımın özgül yakıt tüketimine etkisi

Şekil 4.17’de incelendiğinde, diğer yakıtlara göre en düşük özgül yakıt tüketimi değerleri M20 yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilmiştir. Benzin yakıtından elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri ortalama olarak MTBE20 yakıtından %6,12, E20 yakıtından %13,86 ve M20 yakıtından %27,17 daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.17 %20 MTBE-Benzın, Etanol-Benzın, Metanol-Benzın karışımın özgül yakıt tüketimine etkisi

Şekil 4.18’de minimum özgül yakıt tüketimi M30 yakıtının kullanıldığı deneylerde 3000 d/dak’da, 128,8 g/kWh olarak ölçülmüştür. M30 yakıtının kullanıldığı deneylerde özgül yakıt tüketimi değerleri diğer yakıtlara göre daha düşük çıkmıştır. Benzinden elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri ortalama olarak MTBE30 yakıtından %0,01 ve E30 yakıtından %2,36 düşük, M30 yakıtından %35,89 daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.18 %30 MTBE-Benzın, Etanol-Benzın, Metanol-Benzın karışımının özgül yakıt tüketimine etkisi

Yukarıda görüldüğü gibi özgül yakıt tüketimi değişimleri incelendiğinde özgül yakıt tüketimi değerlerinin, motor moment ve motor gücü değerleri ile doğrudan bir ilişkisinin olduğu görülmektedir. MTBE10 yakıtının motor moment ve motor gücü değerlerinin diğer yakıtlara göre yüksek olduğu görülmektedir. M30 yakıtında ise motor moment ve motor gücü değerleri diğer yakıtlara göre yüksek, özgül yakıt tüketimi değerleri de düşük çıkmıştır. MTBE-benzin, etanol-benzin ve metanol-benzin karışımlarında meydana gelen özgül yakıt tüketimi artışının temel nedeni, MTBE, etanol ve metanolün içeriğinde oksijen bulundurması neticesinde ısı değerlerinin benzine göre daha düşük olmasıdır (Richard 1997). Isı değerlerinin düşük olması sonucunda birim kWh başına tüketilen yakıt miktarında artış olmaktadır.

Benzine ilave edilen alkollerden motor moment, motor gücü ve özgül yakıt tüketimi

dikkate alındığında MTBE10, E10, E20 ve M30 yakıtları ön plana çıkmaktadır.

Benzin ve alkol karışımlarının değişen motor devirlerine göre özgül yakıt tüketimleri birbirinden farklı olsa da devirlere göre değişimleri birbirine çok benzemektedir. Bu yüzden bu değişimleri genel bir ifade şekline açıklamak mümkündür. Motorun düşük devirlerin de yakıt/hava karışımlarının atomizasyonunun yeterli olamayışı motor momentinin ve motor gücünün düşük olması neden olmaktadır. Özgül yakıt tüketimi birim kwh başına tüketilen yakıt miktarıdır. Motor gücünün düşük olmasına birim kwh başına tüketilen yakıt miktarının yüksek çıkmasına sebep olmaktadır. Bu şartlarda her ne kadar yakıt tüketimi düşük olsa da kwh başına olan özgül yakıt tüketimi yüksektir. Motor devrinin artışına bağlı olarak motor gücünün artışı özgül yakıt tüketimlerini azaltmaktadır. 2500-3500 d/dak'lık motor devri aralığında motor gücü değerlerinin nispeten yüksek çıkması özgül yakıt tüketimi değerlerini minimum seviyelerde olmasını sağlar. Motor devrinin artışına bağlı olarak maksimum motor devri olan 4500 d/dak'ya yaklaştıkça yanma şartlarının tekrar kötüleşmesi motor momentini azaltır. Bu da motor gücünün artmamasına hatta azalmasına neden olmaktadır. Diğer yönden birim zamandaki tüketilen yakıt miktarındaki artışında etkisi ile özgül yakıt tüketimi değerleri tekrar yükselişe geçmektedir.

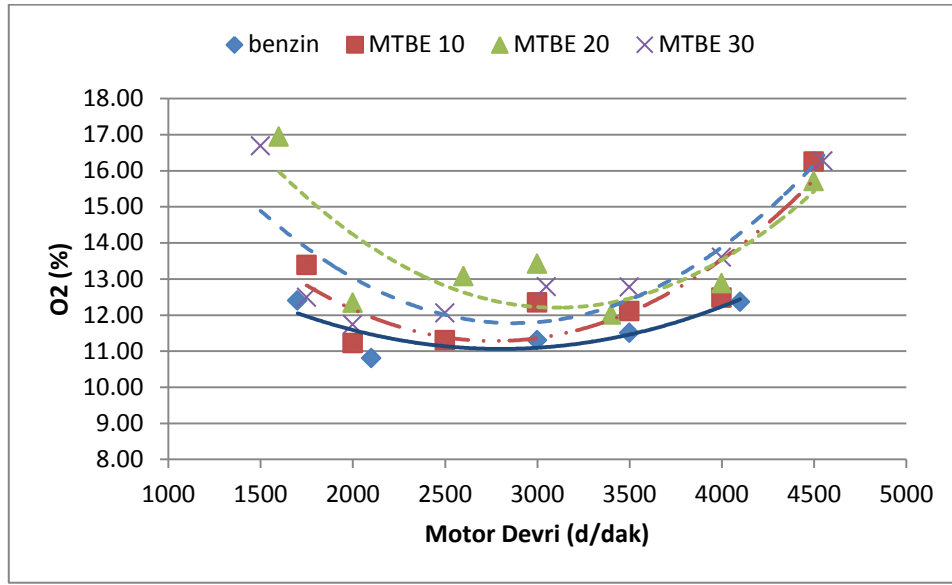
4.2 Benzin ve Benzin-Alkol Karışımli Yakıtların Egzoz Emisyonları

Gerçekleştirilen deney ile benzin ve benzin-alkol karışımli yakıtlar egzoz emisyonları açısından karşılaştırılmıştır. O₂, CO, CO₂, ve NO_x emisyonları ayrıntılarıyla ele alınmış ve karşılaştırılmaları yapılmıştır.

4.2.1 O₂ Emisyonları

Oksijen emisyonu egzoz gazı içinde yanma şartlarının gelişimini gösteren önemli parametrelerden birisidir. Oksijen değerinin fazlalığı yanmada oksijen kullanımının azlığını göstermektedir. Oksijen değerinin azlığında ise yanma şartlarında oksijen gazının yanmaya daha fazla katıldığına bir göstergesi olarak ortaya çıkmaktadır.

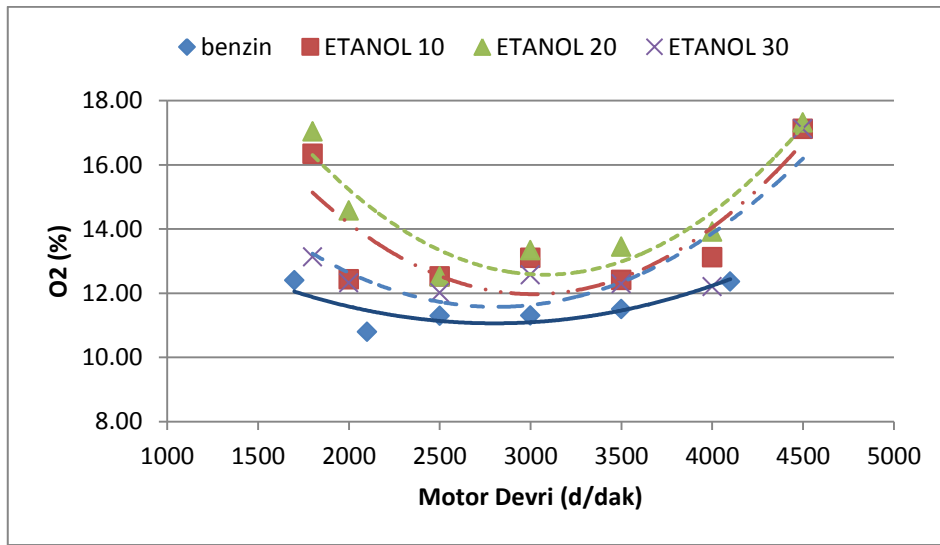
Şekil 4.19’da MTBE katkılı yakıt ve benzin yakıtı için değişik motor devirlerine göre % oksijen değerleri görünmektedir. Motorun düşük ve yüksek devirlerinde oksijen değerleri yüksek çıkmaktadır. Motorun düşük devirlerinde yanma şartlarının nispeten yavaş oluşması nedeni ile hava içinde bulunan oksijen yakıtın içerisinde bulunan karbon ile birleşerek ağırlıklı olarak CO’yu oluşturmaktadır. Ayrıca motorun düşük devirlerinde yanma sonu sıcaklığının düşük oluşu nedeni ile azot oksitlerin oluşumu yavaşladığından oksijen tüketimi de azalmaktadır.



Şekil 4.19 MTBE-Benzin karışımının O₂ emisyonuna etkisi

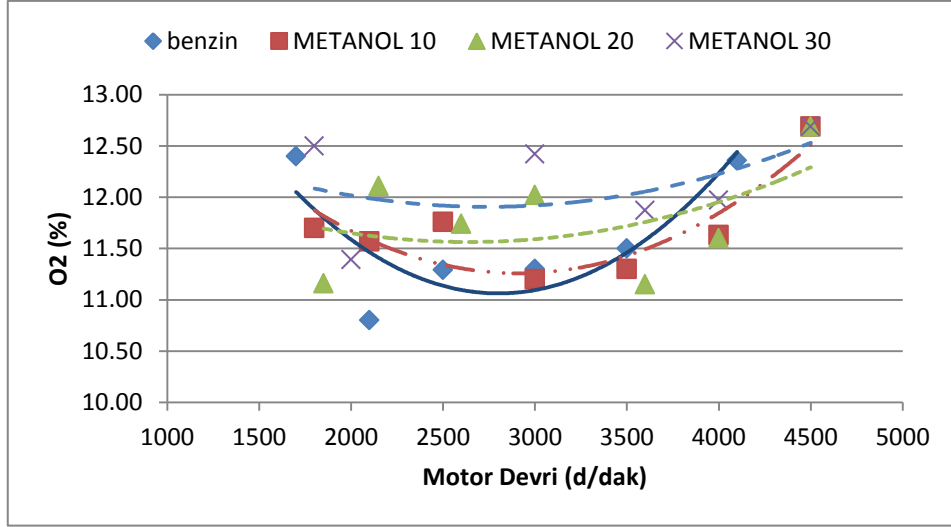
Motorun yüksek devirlerinde birim zamanda silindir içine giren hava oranında artış olmaktadır. Motorun silindiri içinde yanma sonu sıcaklığında motorun yüksek devirlerinde azalma olmakta dolayısıyla azot oksit oluşumunu tetikleyen sıcaklık değerinin düşmesiyle de azot oksit değerleri azalmaktadır. Azot oksit oluşumunun azalması ile birlikte karbon monoksit ve karbondioksit değerlerinin motorun yüksek devirlerindeki azalışı da oksijen değerlerinin artmasında etkili olmaktadır. Şekil 4.19 incelendiğinde en yüksek oksijen değerlerinin MTBE30 yakıtından alındığı görülmektedir. En yüksek oksijen değerleri 4500 d/dak’lık motor devrinde %15,71 olarak ölçülmüştür. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen oksijen emisyon değerleri ortalama MTBE10 göre %8,35, MTBE20 yakıtına göre %16,09 ve MTBE30’a göre %10,94 daha düşük çıktığı görülmektedir.

Şekil 4.20’de Etanol benzin karışımının oksijen emisyonuna etkileri görülmektedir. En yüksek oksijen değerlerinin E20 yakıtından alındığı görülmektedir. En yüksek oksijen değerleri E20 yakıtının kullanıldığı deneylerde 4500 d/dak’lık motor devrinde %17,32’dir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen oksijen değerleri ortalama E10 göre %14,98, E20 yakıtına göre %20,08 ve E30’a göre %10,63 daha düşük çıktığı görülmektedir. Etanolün kimyasal yapısında hidroksil iyonlarının bulunması nedeniyle etanol bünyesindeki oksijenin yanmaya iştiraki sebebiyle oksijen değerleri benzin yakıtına göre daha yüksek çıkmaktadır.



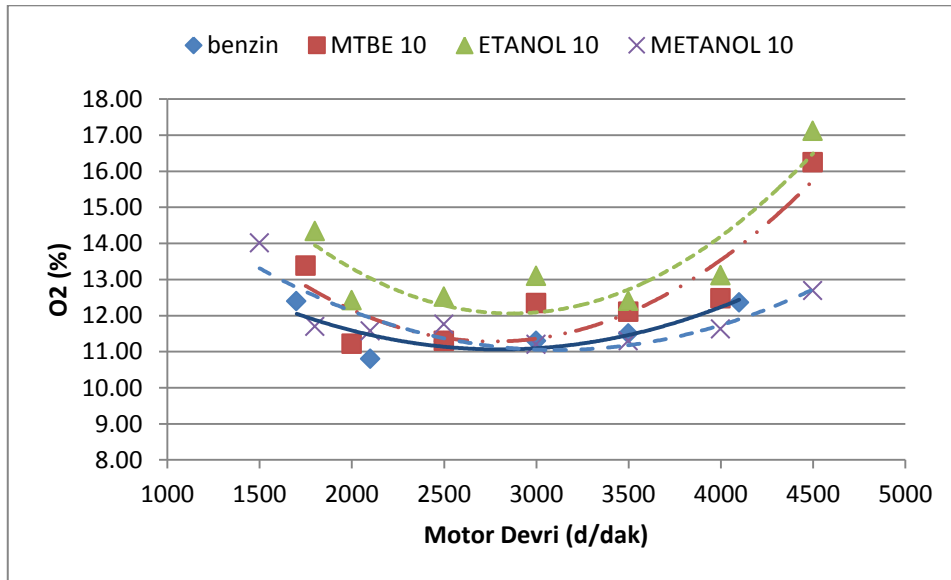
Şekil 4.20 Etanol-Benzin karışımının O₂ emisyonuna etkisi

Şekil 4.21’de metanol benzin karışımının oksijen emisyonuna etkileri görülmektedir. En yüksek oksijen değerlerinin M30 yakıtından alındığı görülmektedir. En yüksek oksijen değerleri 4500 d/dak’lık motor devrinde %12,69’dur. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen oksijen değerlerinin ortalama M10 göre %3,33, M20 yakıtına göre %0,99 ve M30’a göre %3,76 daha düşük çıktığı görülmektedir.



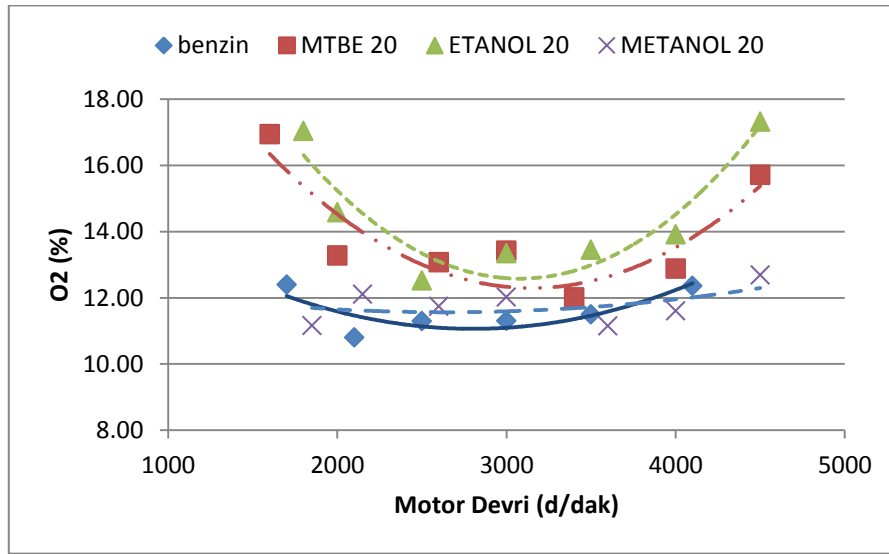
Şekil 4.21 Metanol Benzin karışımının O₂ emisyonuna etkisi

Şekil 4.22 incelendiğinde, en yüksek oksijen değerlerinin E10 yakıtından alındığı görülmektedir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen oksijen emisyon değerleri ortalama MTBE10 göre %8,35, E10 yakıtına göre %14,98 ve M10'a göre %3,33 daha düşük çıktığı görülmektedir.



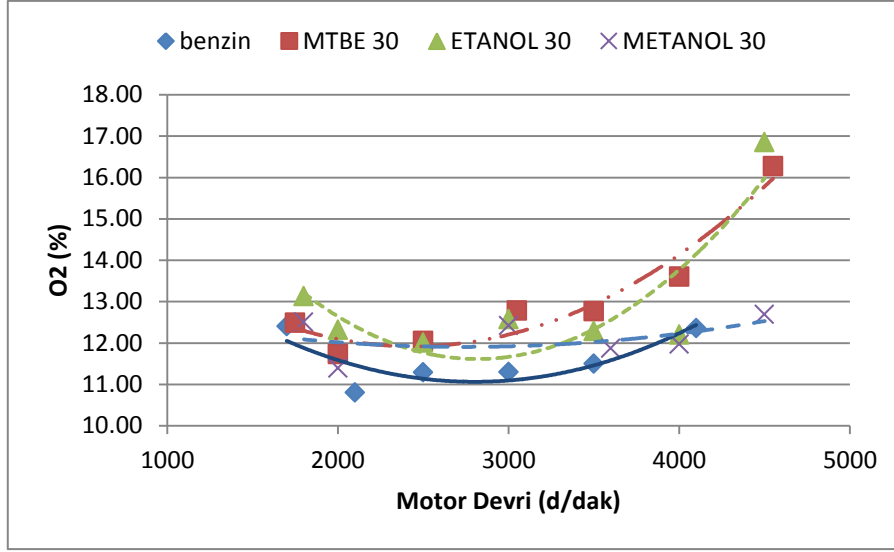
Şekil 4.22 %10 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının O₂ emisyonuna etkisi

Şekil 4.23’de Etanol benzin karışımının oksijen emisyonuna etkileri görülmektedir. En yüksek oksijen değerlerinin E20 yakıtından alındığı görülmektedir. En yüksek oksijen değerleri E20 yakıtının kullanıldığı deneylerde 4500 d/dak’lık motor devrinde %17,32’dir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen oksijen değerlerinin ortalama MTBE20’ ye göre %16,09, E20 yakıtına göre %20,08 ve M20’a göre %0,99 daha düşük çıktığı görülmektedir.



Şekil 4.23 %20 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının O₂ emisyonuna etkisi

Şekil 4.24’te benzin - MTBE30, E30, M30 karışımlarının oksijen emisyonuna etkileri görülmektedir. En yüksek oksijen değerlerinin MTBE30 yakıtından alındığı görülmektedir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen oksijen değerleri ortalama MTBE30’a göre %10,94 E30 yakıtına göre %10,63 ve M30’a göre %3,76 daha düşük çıktığı görülmektedir. MTBE, etanol, metanol içeriğinde benzine göre kimyasal yapısında daha fazla oksijen bulundurması neticesinde oksijen oranının benzine göre daha yüksek çıkmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, alkol karışımılı benzin yakıtının yanmasında oksijen fazlalığı elde edilmiştir (Eyidoğan 2009).



Şekil 4.24 %30 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının O₂ emisyonuna etkisi

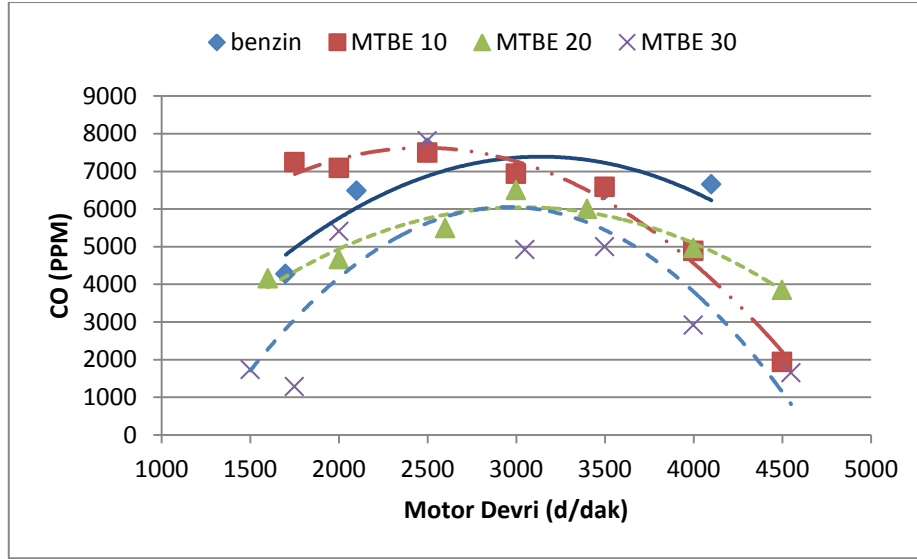
Benzin ve alkol karışımlarının O₂ değişimleri birbirinden farklı olmakla birlikte değişim şekilleri birbirlerine benzemektedir. Motorun düşük devirlerinde yüksek, 2500-3500 d/dak'lık devir aralığında en düşük seviyelerde ve maksimum motor devrine yaklaştıkça tekrar artmaktadır. Motorun düşük devirlerinde silindir içindeki yanma şartlarının çok iyi olmaması nedeniyle oksijen tam anlamıyla yanmaya karışamamakta ve egzozdan atılmaktadır. Alkol karışımlarında benzine göre motorun düşük devirlerinde O₂ değişimlerinin yüksek olmasının nedeni içinde var olan oksijendir.

Motor devrinin artması ile birlikte motorda yanma şartlarının iyileşmesi yanmada O₂ değerleri düşmektedir. Motor devrinin maksimum motor devrine yaklaştığı devir aralığında ise yükselen motor devrinin artışına bağlı olarak alev ilerleme hızının düşmesi ile birlikte NO_x ve CO emisyonlarındaki azalışın etkisi ile O₂ emisyonları tekrar artmaktadır.

4.2.2 CO Emisyonları

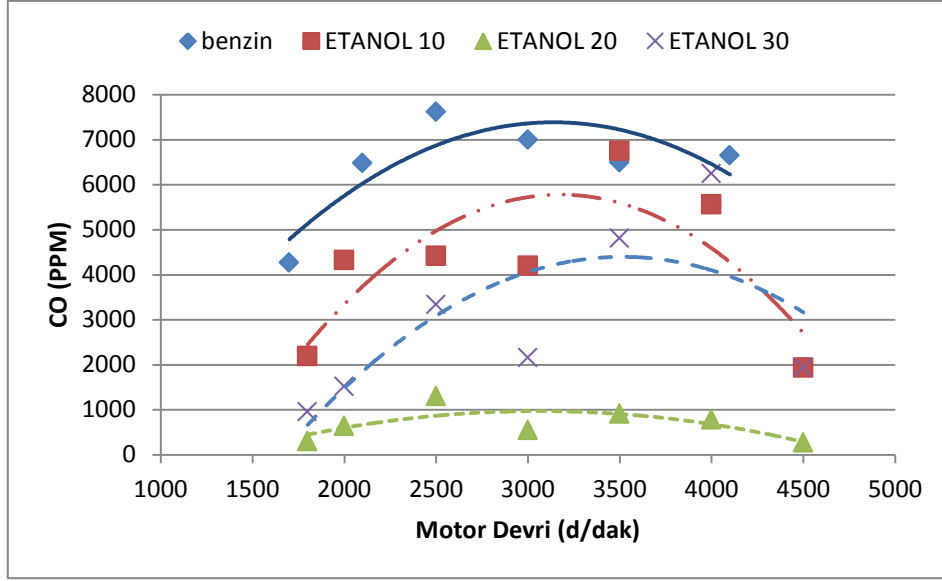
Benzinli motorlarda karbon monoksit emisyonu yanmanın oluşumuyla direkt ilgilidir. Özellikle eksik yanma koşullarında CO emisyonlarında bir artış gözlenmektedir. Şekil 4.25'te MTBE benzin karışımlarının kullanıldığı deneylerden elde edilen sonuçlara göre

değişik motor devirlerinde CO emisyonlarının değişimi görülmektedir. MTBE katkısının yapıldığı deneylerde CO emisyonu değerlerinin benzine göre genellikle daha düşük olduğu görülmektedir. Özellikle MTBE20 ve MTBE30 yakıtlarında belirgin bir şekilde benzine göre daha düşük değerde % CO emisyonlarının olduğu görülmektedir. MTBE deneylerinden elde edilen en düşük CO emisyonu değeri MTBE30 yakıtının kullanıldığı deneylerde 1750 d/dak'lık motor devrinde 1283 ppm olarak ölçülmüştür. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO emisyonu değerlerinin ortalama MTBE10 göre %1,48 MTBE20 yakıtına göre %16,78 ve MTBE30'a göre %39,8 daha yüksek çıktığı görülmektedir.



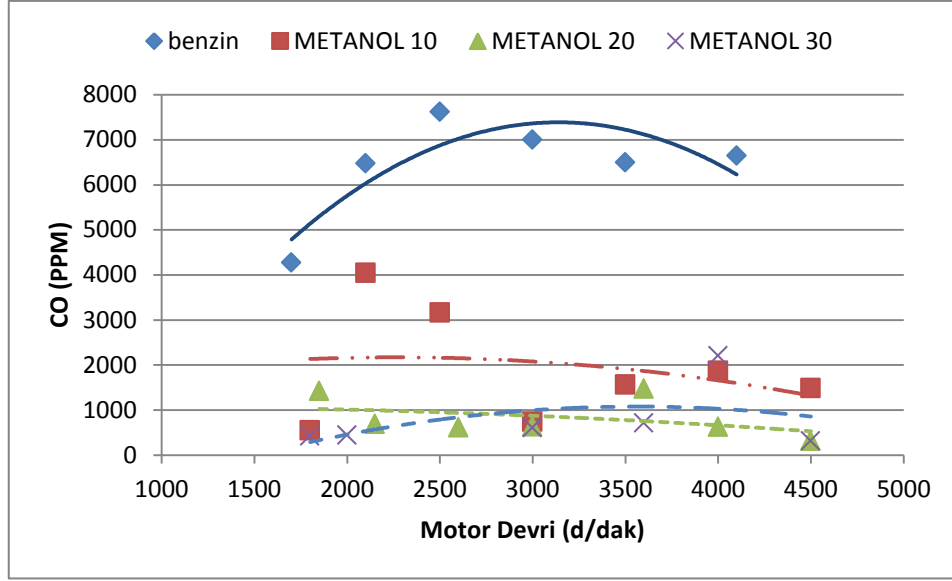
Şekil 4.25 MTBE-Benzin karışımının CO emisyonuna etkisi

Şekil 4.26'da Etanol benzin karışımlarının kullanıldığı deneylerden elde edilen sonuçlara göre CO emisyonlarının değişimi görülmektedir. Etanol benzin karışımlarıyla yapılan deneylerde CO emisyonlarının benzine göre belirgin bir şekilde düşük çıktığı görülmektedir. Etanol katkılı deneylerinden elde edilen en düşük CO emisyonu değerinin E20 yakıtının kullanıldığı deneylerde 1800 d/dak'lık motor devrinde 299 ppm olduğu görülmektedir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO emisyonu değerleri ortalama E10 göre %37,66, E20 yakıtına göre %88,85 ve E30'a göre %56,59 daha yüksek çıktığı görülmektedir.



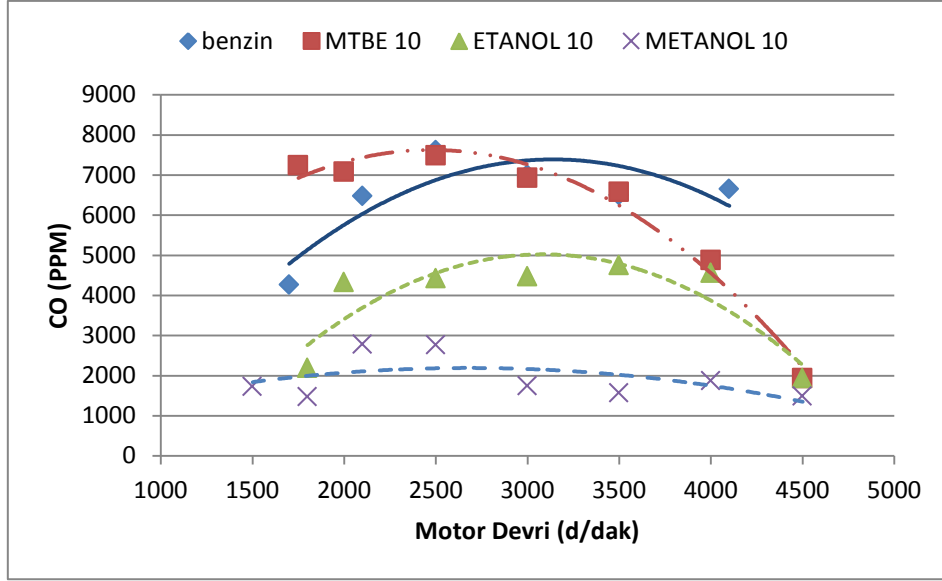
Şekil 4.26 Etanol-Benzin karışımının CO emisyonuna etkisi

Şekil 4.27’de metanol benzin karışımlarının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO emisyonlarının değişimi görülmektedir. Metanol benzin karışımlarıyla yapılan deneylerde CO emisyonlarının benzine göre oldukça belirgin bir şekilde düşük olduğu görülmektedir. Metanol katkılı deneylerinden elde edilen en düşük CO emisyonu değeri M30 yakıtının kullanıldığı deneylerde 1800 d/dak’lık motor devrinde 420 ppm olarak ölçülmüştür. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO emisyonu değerlerinin ortalama M10 göre %69,81, M20 yakıtına göre %86,49 ve M30’a göre %89,19 daha yüksek çıktığı görülmektedir.



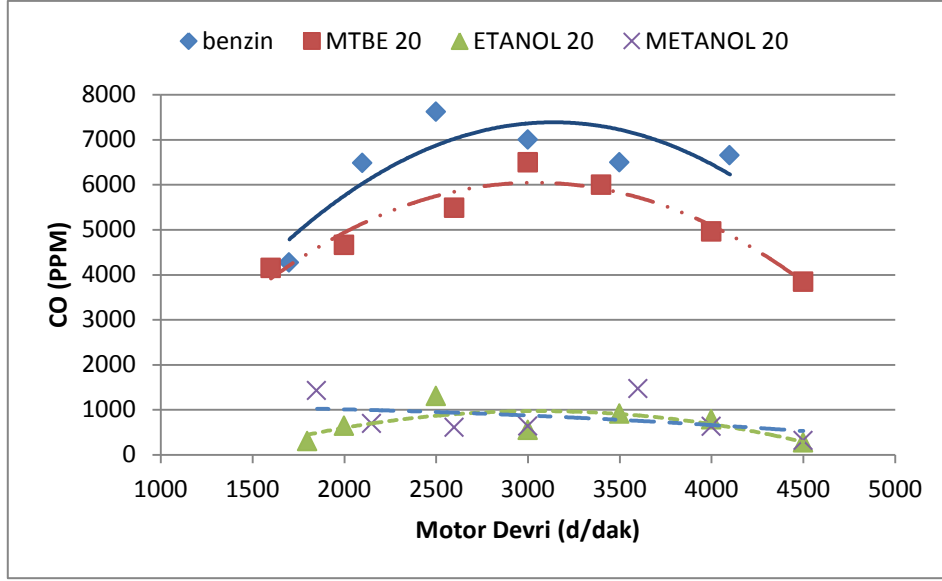
Şekil 4.27 Metanol - Benzin karışımının CO emisyonuna etkisi

Şekil 4.28’de Benzin - MTBE10, E10 ve M10 karışımlarının kullanıldığı deneylerden elde edilen sonuçlara göre değişik motor devirlerinde CO emisyonlarının değişimi görülmektedir. MTBE10, E10 ve M10 yakıtların kullanıldığı deneylerde CO emisyonu değerlerinin benzine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO emisyonu değerlerinin ortalama MTBE10 göre %1,48, E10 yakıtına göre %37,66 ve M10’a göre %69,81 daha yüksek çıktığı görülmektedir.



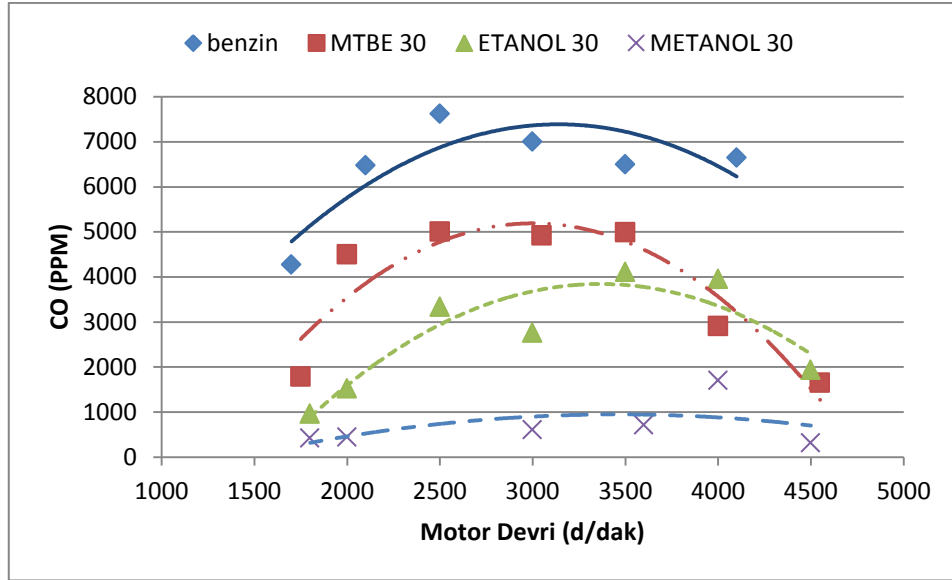
Şekil 4.28 %10 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının CO emisyonuna etkisi

Şekil 4.29’da benzin - MTBE20, E20 ve M20 karışımlarının CO emisyonuna etkileri görülmektedir. Benzinin kullanıldığı deneylerden elde edilen CO emisyonu değerlerinin ortalama MTBE20’ye göre %16,78, E20 yakıtına göre %88,85 ve M20’a göre %86,49 daha yüksek çıktığı görülmektedir.



Şekil 4.29 %20 MTBE-Benzın, Etanol-Benzın, Metanol-Benzın karışımının CO emisyonuna etkisi

Şekil 4.30’da benzin - MTBE30, E30 ve M30 karışımlarının CO emisyonlarının değişimi görülmektedir. Metanol benzin karışımlarıyla yapılan deneylerde CO emisyonlarının diğer yakıtlara göre oldukça belirgin bir şekilde düşük olduğu görülmektedir. Metanol katkılı deneylerinden elde edilen en düşük CO emisyonu değeri M30 yakıtının kullanıldığı deneylerde 1800 d/dak’lık motor devrinde 420 ppm olarak ölçülmüştür. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO emisyonu değerleri ortalama MTBE30’a göre %39,80 E30 yakıtına göre %56,59 ve M30’a göre %89,19 daha yüksek çıktığı görülmektedir. Bu azalmanın başlıca nedeni, MTBE-etanol-metanol’ün içeriğinde oksijen bulunmaktadır (Richard 1997). Alkollerin yapılarındaki oksijen, motorun daha düşük hava-yakıt oranıyla çalışmasına imkan vermekte ve daha iyi yanma gerçekleştiği için CO emisyonunun azalmasını sağlamaktadır (Eyidoğan 2009).



Şekil 4.30 %30 MTBE-Benzın, Etanol-Benzın, Metanol-Benzın karışımın CO emisyonuna etkisi

Alkol karışımından elde edilen CO değerleri çoğunlukla benzine göre daha düşük değerlerde çıkmıştır. Değişen motor devirlerine bağlı olarak değişim şekilleri benzin ve alkol karışımları için birbirine benzemektedir.

Deney motorunda, düşük devirlerinde yanma şartları o kadar kötüdür ki CO emisyonu oluşturacak yanma seviyelerine çıkılamamaktadır. Motor devrinin artışına bağlı olarak yanma şartlarının gelişmesi sonucunda CO oranı da artmıştır. Ancak yanmanın gelişmesi bu motorda tam yanma değildir. Özellikle 2500-3500 d/dak'lık motor devir aralığında eksik yanmaya doğru bir dönüşüm göstermektedir. Buna motorun işletim şartları ve yakıt sisteminin yetersizlikleri neden olmaktadır.

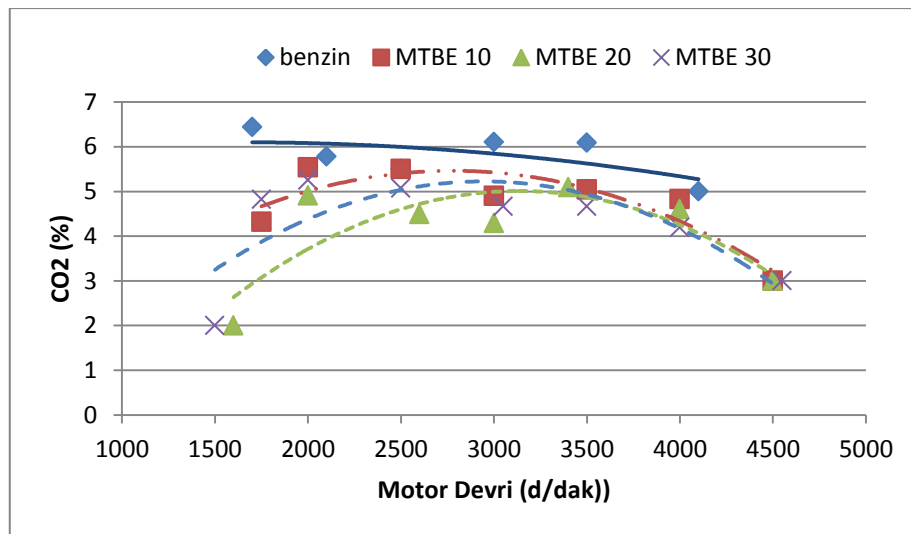
Motor devrinin artışına bağlı olarak, özellikle 3500 d/dak'dan sonra silindir içinde alevin ilerleme hızının düşmesi ile birlikte yanma yine kötüleşmektedir. Yanmanın içindeki karbon atomları CO gazını bile oluşturamamaktadır. Motor momentinin yüksek motor devirlerindeki önemli düşüşü de bunun bir göstergesidir.

Eyidoğan'ın (2009), çalışmasında sabit devir testinde CO emisyonu değişimleri şu şekildedir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerde elde edilen CO emisyon değerleri

E10 yakıtına göre %2,88 yüksek, M10 yakıtına göre %3,13 düşük çıkmıştır. Yapılan bu çalışmada ise değişik devir testlerinde benzin yakıtının kullanıldığı deneylerde elde edilen CO emisyon değerleri E10 için %37,66, M10 için %69,81 yüksek çıkmıştır.

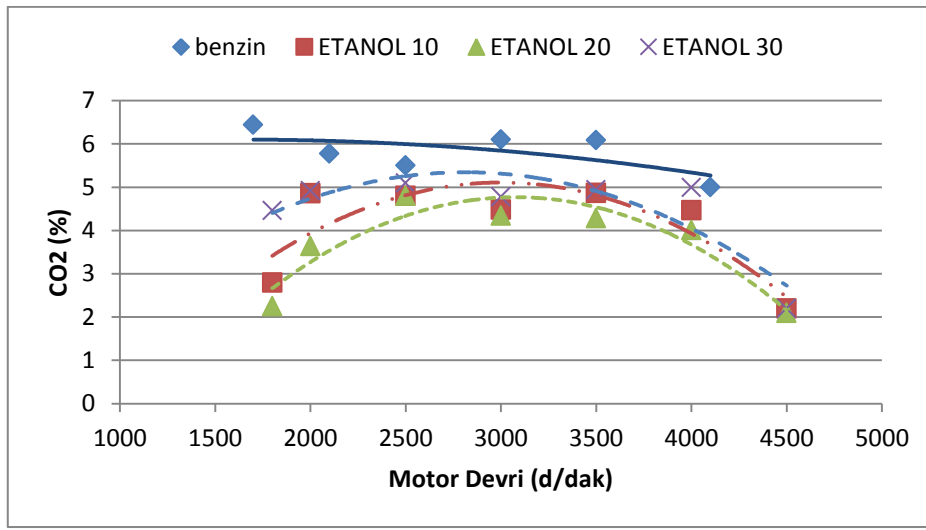
4.2.3 CO₂ Emisyonları

Benzinli motorlarda CO₂ emisyonları yakıtın özelliği ve yanma şartlarının nasıl olduğu konusunda belirgin yaklaşımlarda bulunmamızı sağlamaktadır. Düşük devirlerinde yanma şartları orta yüklere göre daha düşük seviyede olduğundan CO₂ değerleri düşük olmaktadır. Genellikle tam yanma ürünü olarak kabul edilen CO₂ gazı özellikle benzinli motorların emisyon salınım özelliğinin en önemli belirtilerinden birini oluşturmaktadır. Alkol ilavesi ile yapılan deneylerde alkollerin kimyasal özellikleri yönüyle de CO₂ emisyonu yayılımı bakımından benzine göre üstünlüklerinin olduğu görülmektedir. Alkollerle yapılan benzinli motor deneylerinin tümünde CO₂ emisyonu değerlerinin benzine göre düşük olduğu görülmektedir. Şekil 4.31'e MTBE benzin karışımlarının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO₂ değerleri, değişik motor devirlerine göre verilmiştir. Buna göre en düşük CO₂ emisyonu değerleri MTBE20 yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilmiş ve 1600 d/dak'lık motor devrinde %2 olarak ölçülmüştür. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO₂ emisyonu değerlerinin ortalama MTBE10'a göre %19,8, MTBE20 yakıtına göre %33,78 ve MTBE30'a göre %23,45 daha yüksek çıktığı görülmektedir.



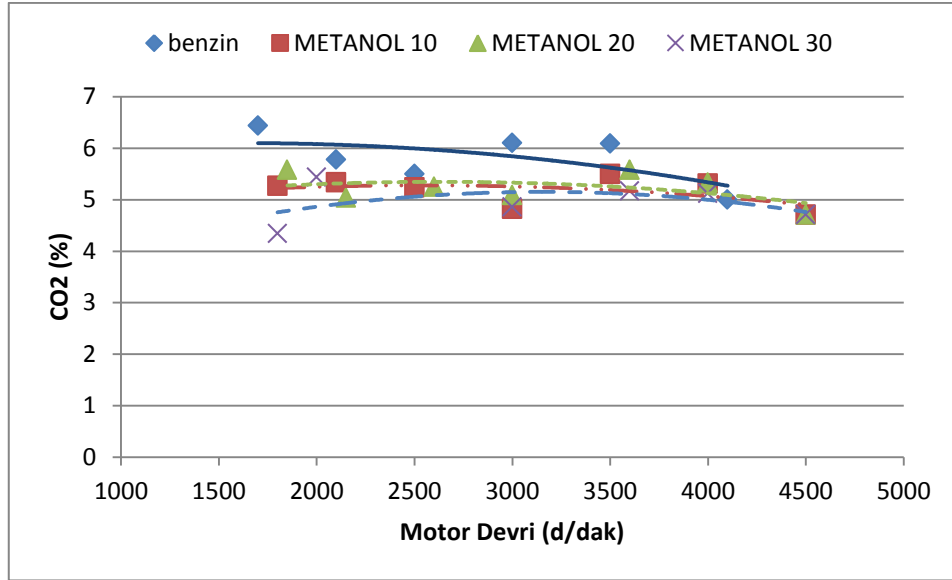
Şekil 4.31 MTBE-Benzin karışımının CO₂ emisyonuna etkisi

Şekil 4.32’de Benzin - Etanol karışımlarının kullanıldığı deneylerden elde edilen sonuçlara göre CO₂ emisyonlarının değişimi görülmektedir. Etanol benzin karışımlarıyla yapılan deneylerde CO₂ emisyonlarının benzine göre düşük çıktığı görülmektedir. Etanol katkılı deneylerinden elde edilen en düşük CO₂ emisyonu değeri E20 yakıtının kullanıldığı deneylerde 1800 d/dak’lık motor devrinde %2,25 olduğu görülmektedir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO₂ emisyonu değerlerinin ortalama E10’a göre %33,54, E20 yakıtına göre %38,54 ve E30’a göre %24,08 daha yüksek çıktığı görülmektedir.



Şekil 4.32 Etanol-Benzin karışımının CO₂ emisyonuna etkisi

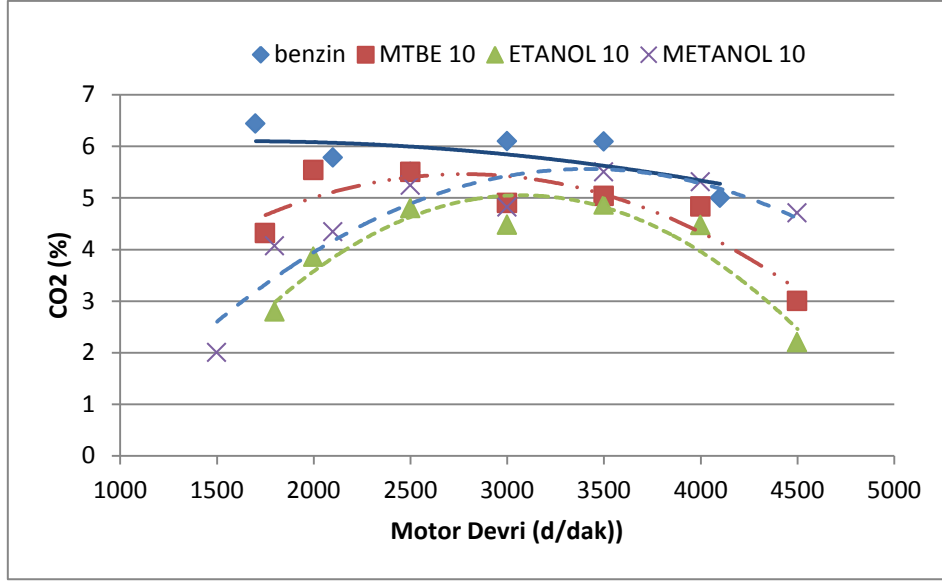
Şekil 4.33’te Metanol benzin karışımlarının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO₂ emisyonlarının değişimi görülmektedir. Metanol benzin karışımlarıyla yapılan deneylerde CO₂ emisyonlarının benzine göre oldukça belirgin bir şekilde düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 4.33 Metanol - Benzin karışımının CO₂ emisyonuna etkisi

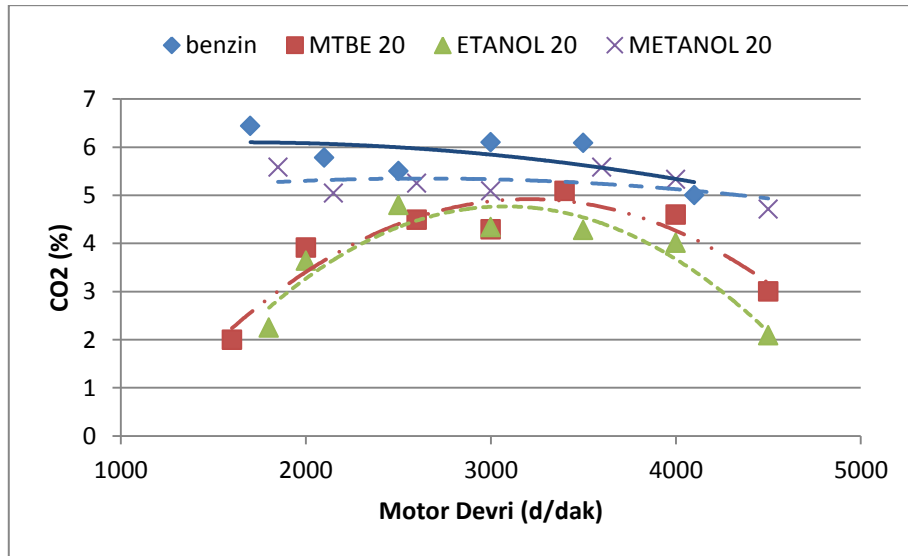
Metanol katkılı deneylerinden elde edilen en düşük CO₂ emisyonu değeri M30 yakıtının kullanıldığı deneylerde 1800 d/dak'lık motor devrinde %4,34 olarak ölçülmüştür. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO₂ emisyonu değerlerinin ortalama M10'a göre %23,84, M20 yakıtına göre %11,53 ve M30'a göre %17,82 daha yüksek çıktığı görülmektedir.

Şekil 4.34'te benzin, MTBE10, E10 ve M10 karışımlarının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO₂ değerleri, değişik motor devirlerine göre verilmiştir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO₂ emisyonu değerlerinin ortalama MTBE10'a göre %19,87, E10 yakıtına göre %33,54 ve M10'a göre %23,84 daha yüksek çıktığı görülmektedir.



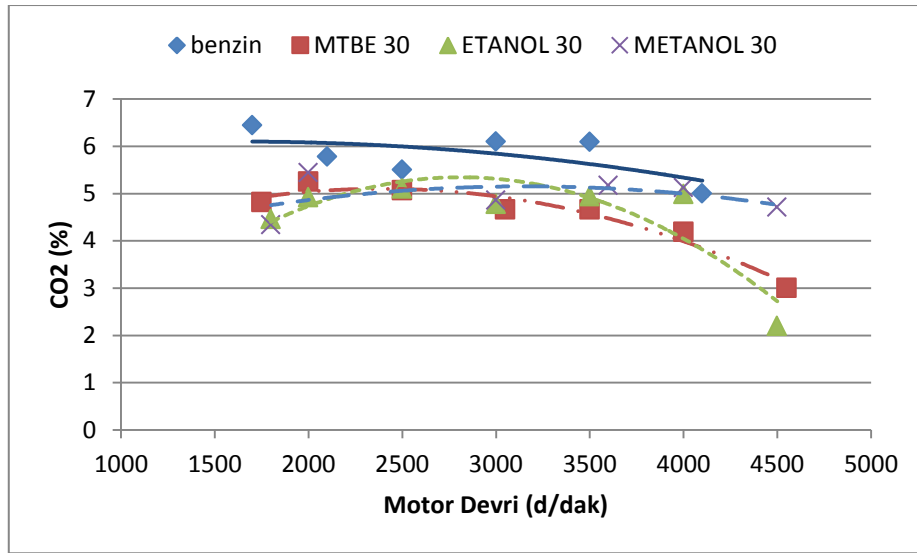
Şekil 4.34 %10 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının CO₂ emisyonuna etkisi

Şekil 4.35'te benzin, MTBE20, E20 ve M20 karışımlarının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO₂ değerleri, değişik motor devirlerine göre verilmiştir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO₂ emisyonu değerlerinin ortalama MTBE20'ye göre %33,78 E20 yakıtına göre %38,54 ve M20'ye göre %11,53 daha yüksek çıktığı görülmektedir.



Şekil 4.35 %20 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının CO₂ emisyonuna etkisi

Şekil 4.36’da benzin, MTBE30, E30 ve M30 karışımlarının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO₂ emisyonlarının değişimi görülmektedir. Benzin, MTBE30, E30 ve M30 karışımlarıyla yapılan deneylerde CO₂ emisyonlarının benzine göre oldukça belirgin bir şekilde düşük olduğu görülmektedir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen CO₂ emisyonu değerlerinin ortalama MTBE30’a göre %23,45, E30 yakıtına göre %24,08 ve M30’a göre %17,82 daha yüksek çıktığı görülmektedir. MTBE, etanol, metanol ve benzine göre daha düşük karbon/hidrojen oranına sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı yanma sonucunda daha az miktarda CO₂ emisyonu açığa çıkarmaktadırlar (Poulton 1994).



Şekil 4.36 %30 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının CO₂ emisyonuna etkisi

CO₂ emisyonu bir tam yanma ürünüdür. Alkollerin kimyasal yapısında karbon oranlarının benzine göre düşük olması testlerin genelinde CO₂ oranlarının benzine göre düşük olmasıyla kendisini göstermektedir.

Değişen motor devirlerine bağlı olarak benzin ve alkol karışımlarının değişimleri birbirine benzemektedir. Motorun düşük devirlerinde 1500-2500 d/dak’lık devir aralığında yanma şartlarının kötüleşmesi CO₂’nin düşük çıkmasına neden olmuştur. Motor devrinin artışına bağlı olarak 2500-3500 d/dak’lık motor devir aralığında yanma

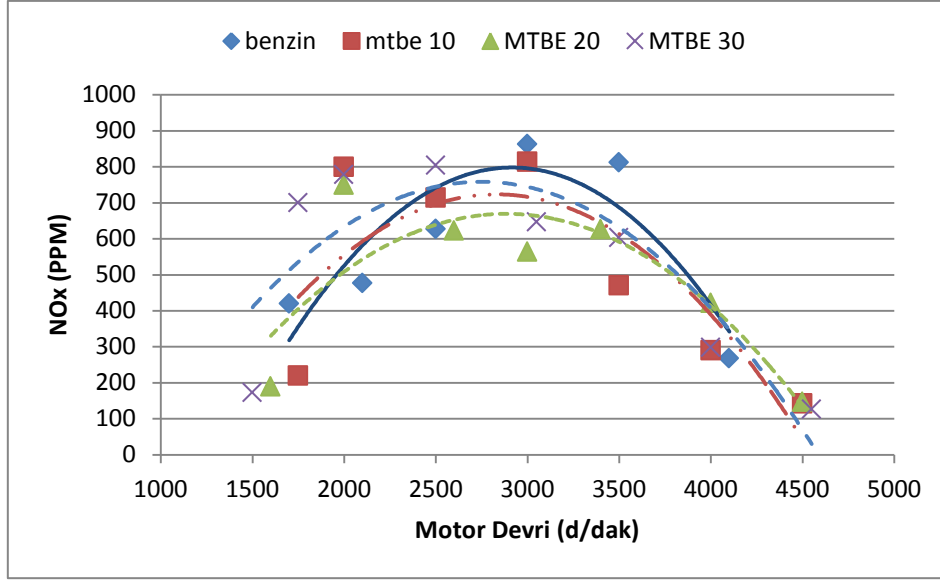
şartlarının düşük devirlere göre nispeten iyi olması CO₂ oranını arttırmaktadır. Motor devrinin artışına bağlı olarak maksimum motor devrine yaklaşırken yanma şartlarının kötüleşmesi CO₂ emisyonunun azalmasına neden olmaktadır.

Eyidoğan'ın (2009), çalışmasında sabit devir testinde CO₂ emisyonu şu şekildedir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerde elde edilen CO₂ emisyon değerleri E10 yakıtına göre %3,67 yüksek, M10 yakıtına göre %0,31 düşük çıkmıştır. Yapılan bu çalışmada ise benzin yakıtının kullanıldığı deneylerde elde edilen CO₂ emisyon değerleri E10 yakıtına göre %33,54 ve M10 yakıtına göre %23,84 yüksek çıkmıştır.

4.2.4 NO_x Emisyonları

Benzinli motorlarda azot oksit emisyonlarını etkileyen en önemli etken silindir içindeki yanma sonu sıcaklığıdır. Yaklaşık olarak 1400 °C'lik yanma sonu sıcaklığından sonraki derecelerde azot oksit oluşumu artmaktadır. Benzinli motor deneylerinde azot oksit değişimlerinin birbirine benzediği görülmektedir. Özellikle motordaki yanma sonu sıcaklığının en yüksek değerlerde olduğu 2500-3500 d/dak'lık motor devri aralığında azot oksit değerlerinin de yüksek olduğu görülmektedir.

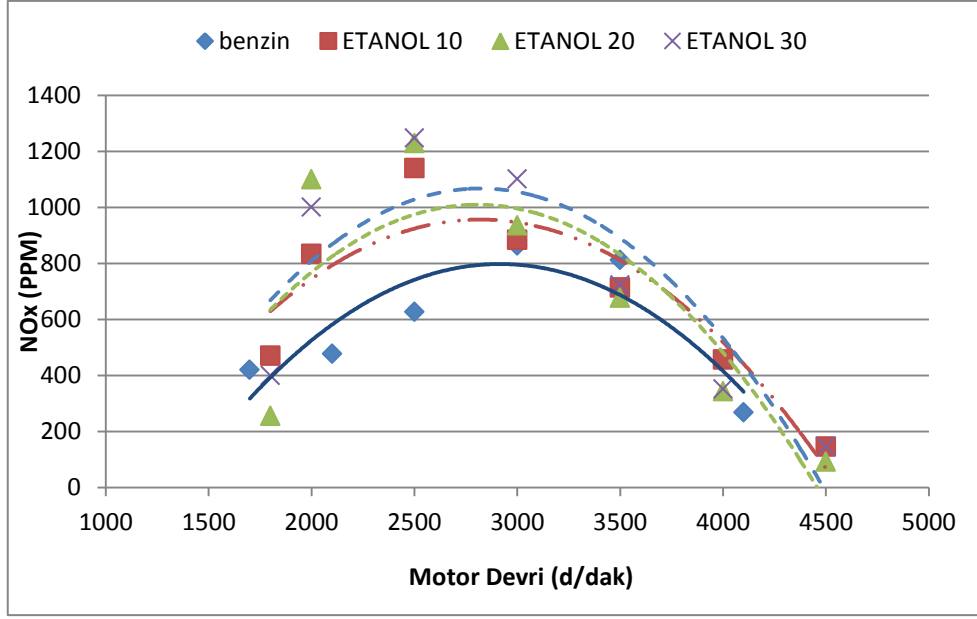
Şekil 4.37'de MTBE benzin karışımının kullanıldığı deneylerde sırası ile değişik motor devirlerinden alınan NO_x değeri görülmektedir. NO_x emisyonlarının en düşük değerlerde MTBE10 yakıtının kullanıldığı deneylerden alındığı görülmektedir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen NO_x emisyonu değerlerinin ortalama MTBE10'a göre %11,19 yüksek, MTBE20 yakıtına göre %19,68 yüksek ve MTBE30'a göre %1,76 daha düşük çıktığı görülmektedir.



Şekil 4.37 MTBE-Benzin karışımının NO_x emisyonuna etkisi

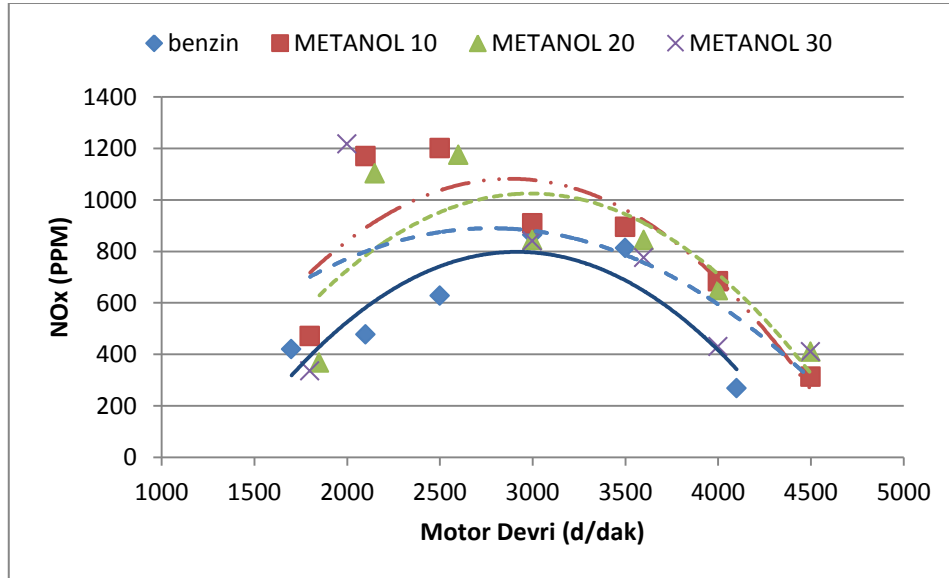
Şekil 4.38’de Etanol benzin karışımının kullanıldığı deneylerde sırası ile değişik motor devirlerinden alınan NO_x değeri görülmektedir. NO_x emisyonlarının düşük değerlerinin benzinin kullanıldığı deneylerden alındığı görülmektedir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen NO_x emisyonu değerlerinin ortalama olarak E10’a göre %13,23, E20 yakıtına göre %4,35 ve E30’a göre %17,68 daha düşük çıktığı görülmektedir.

Bu sonuçlar aslında Etanolün yanma sonu sıcaklığını artırdığını göstermektedir. Yanma sonu sıcaklığı azot oksitlerin belirleyici özelliği olduğuna göre azot oksitlerin yüksekliği yanma sonu sıcaklığının yüksekliğini de gösterebilmektedir. Yanma sonu sıcaklığının yüksek olması yanma şartlarının daha etkili olduğunun da göstergesidir. Nitekim motor gücü değişimleri incelendiğinde Etanol karışımlarının kullanıldığı deneylerde motor güçlerinin benzine göre daha yüksek çıktığı görülmektedir.



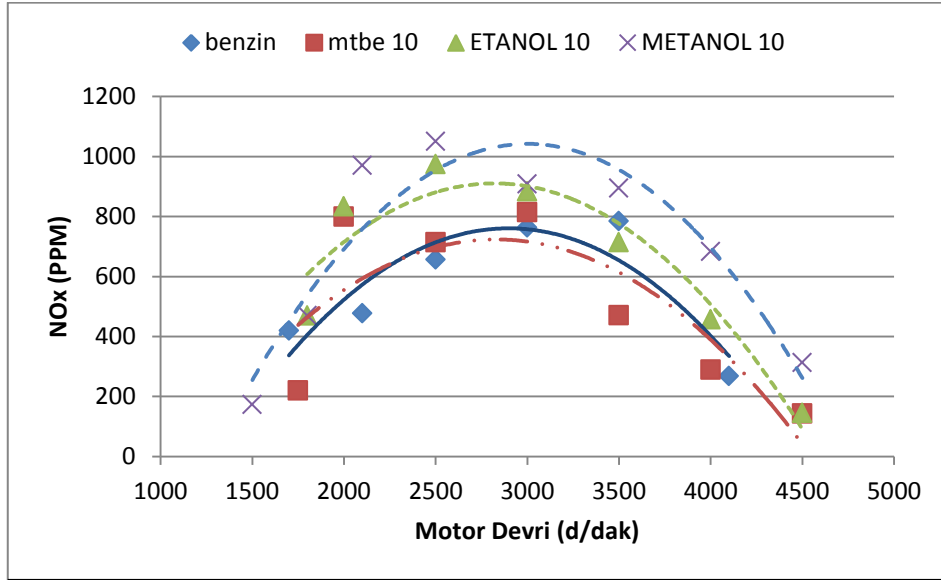
Şekil 4.38 Etanol-Benzin karışımının NO_x emisyonuna etkisi

Şekil 4.39’da metanol benzin karışımlarının kullanıldığı deneylerden elde edilen NO_x değişimi görülmektedir. Metanol benzin karışımlarında en düşük NO_x değeri Etanolde olduğu gibi, benzinden elde edilmiştir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen NO_x emisyonu değerlerinin ortalama M10’a göre %18,65, M20 yakıtına göre %26,48 ve M30’a göre %3,83 daha düşük çıktığı görülmektedir.



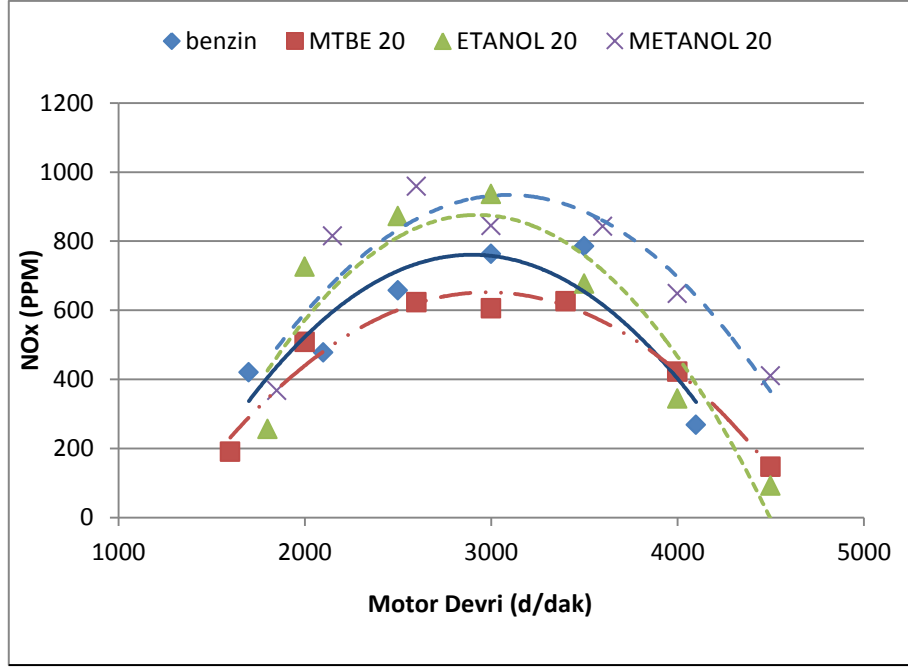
Şekil 4.39 Metanol-Benzin karışımının NO_x emisyonuna etkisi

Şekil 4.40'a benzin - MTBE10, E10 ve M10 karışımlarının kullanıldığı deneylerde sırası ile değişik motor devirlerinden alınan NO_x değeri görülmektedir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen NO_x emisyonu değerleri ortalama MTBE10'a göre %11,19 yüksek, E10 yakıtına göre %13,23 ve M10'a göre %18,65 daha düşük çıktığı görülmektedir.



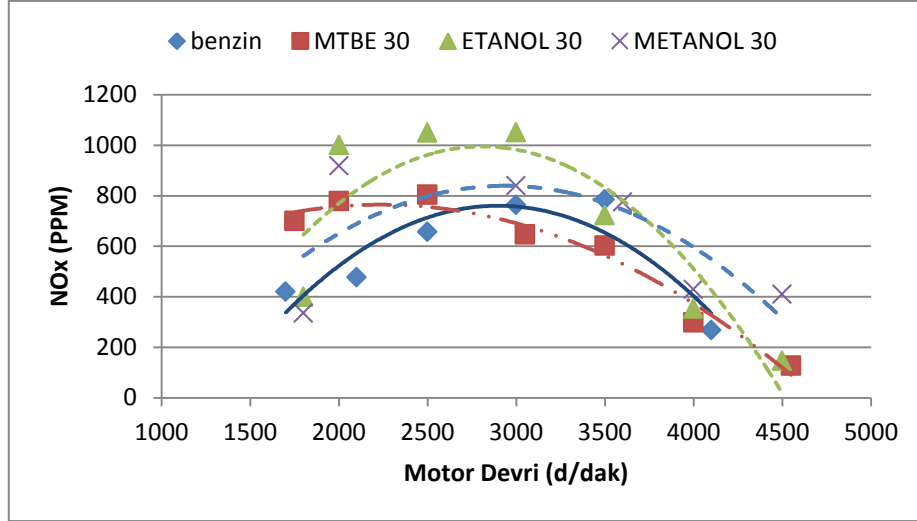
Şekil 4.40 %10 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının NO_x emisyonuna etkisi

Şekil 4.41'de benzin - MTBE20, E20 ve M20 karışımlarının kullanıldığı deneylerde sırası ile değişik motor devirlerinden alınan NO_x değeri görülmektedir. NO_x emisyonlarının en düşük değerlerinin MTBE20 yakıtının kullanıldığı deneylerden alındığı görülmektedir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen NO_x emisyonu değerlerinin ortalama olarak MTBE20'ye göre %19,68 yüksek, E20 yakıtına göre %4,35 ve M20'ye göre %26,48 daha düşük çıktığı görülmektedir.



Şekil 4.41 %20 MTBE-Benzin, Etanol-Benzin, Metanol-Benzin karışımının NO_x emisyonuna etkisi

Şekil 4.42’de benzin - MTBE30, E30 ve M30 karışımlarının kullanıldığı deneylerde sırası ile değişik motor devirlerinden alınan NO_x değeri görülmektedir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerden elde edilen NO_x emisyonu değerlerinin ortalama MTBE30’a göre %1,76 E30 yakıtına göre %17,68 ve M30’a göre %3,83 daha düşük çıktığı görülmektedir. MTBE, etanol, metanol içerisindeki oksijen oranı benzine göre daha fazladır. Atmosferdeki azot ile bu oksijenin birleşmesi ile NO_x oranı alkollerde genellikle daha fazla olacaktır (Eyidoğan 2009).



Şekil 4.42 % 30 MTBE-Benzın, Etanol-Benzın, Metanol-Benzın karışımının NO_x emisyonuna etkisi

Alkol karışımlarında NO_x değerleri benzine göre çoğunlukla yüksek çıkmakta birlikte değişimler tüm alkol karışımları ve benzin için birbirine benzemektedir. Motorun 1500-2500 d/dak'lık devir aralığında yanma şartlarının iyi olmaması nedeniyle yanma sonu sıcaklığı yüksek değildir. Motorda NO_x oluşumu çoğunlukla silindir içindeki yanma sonu sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Motorun düşük devirlerinde NO_x değerlerinin düşük olmasının sebebi yanma sonu sıcaklığının düşük olmasıdır.

Motor devri yükseldikçe yanma şartları iyileşmekte ve yanma sonu sıcaklığı artmaktadır. Dolayısıyla NO_x emisyonları 2500-3500 d/dak motor devri aralığında yüksek çıkmaktadır. Motor devri daha da artırılırsa maksimum motor devrine yakın olan bölgede yanma şartlarının kötüleşmesi ortalama efektif basıncın azalması, yanma sonu sıcaklığının düşmesine ve NO_x emisyonlarının düşük çıkmasına neden olmaktadır.

Eyidoğan'ın (2009), çalışmasında sabit devir testinde NO_x emisyonu şu şekildedir. Benzin yakıtının kullanıldığı deneylerde elde edilen NO_x emisyon değerleri E10 yakıtına göre %13,43 yüksek ve M10 yakıtına göre %2,76 düşük çıkmıştır. Yapılan bu çalışmada ise benzin yakıtının kullanıldığı deneylerde elde edilen NO_x emisyon değerleri E10 yakıtına göre %13,23 ve M10 yakıtına göre %18,65 düşük çıkmıştır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Tek silindirli buji ile ateşlemeli benzinli motorla yapılan benzin-alkol karışımı, motor performans ve emisyon testlerinde MTBE, etanol ve metanol deney yakıtı olarak kullanılmıştır. Bu yakıtlar benzinin içerisine yüzde hacim olarak %10-%20-%30 oranlarında karıştırılmıştır. Bütanol ve dietil eter ile yapılan ön deneylerde benzinli motorda kararlı bir çalışma durumu sağlanamadığından bu alkollerle benzinli motor testleri gerçekleştirilememiştir. Deneyler tam gaz konumunda dinamometre yükü değiştirilerek değişik motor devirlerinde yaklaşık olarak 1500-4500 d/dak'lık motor devir aralığında gerçekleştirilmiştir.

MTBE, etanol ve metanol ile yapılan değişik devir motor performans testlerinde motor momenti değerleri karşılaştırıldığında deneyde kullanılan bu alkollerin tüm karışım oranlarında motor momenti değerlerinin %100 benzin deneylerine göre daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. En yüksek oranlar dikkate alındığında; benzin yakıtından elde edilen motor momenti değerleri ortalama olarak, MTBE10 yakıtında %13,44, E20 yakıtından %4,81 ve M30 yakıtından %15,04 oranında daha düşük çıkmıştır.

Motor gücü değerleri de benzine göre yüksek çıkmıştır. Benzine göre belirgin oranda yüksek olan değerler seçilirse MTBE10 yakıtında %16,21, E10 yakıtında %9,55 ve M30 yakıtında %19,50 oranında motor güçleri yüksek çıkmıştır.

Özgül yakıt tüketimleri karşılaştırıldığında ise motor momenti ve motor güçleri ile ilişkili olarak alkol karışımlarının bazılarında özgül yakıt tüketimleri benzine göre daha yüksek değerlerde ölçülmüştür. Ölçümler sonucunda benzine göre MTBE10 yakıtında %26,99, E10 yakıtında %20,64 ve M30 yakıtında %35,89 oranında özgül yakıt tüketiminde artış olduğu sonucuna varılmıştır.

Alkol benzin karışımlarında egzoz gazında ölçülen O₂ değerlerinde de benzine göre artış vardır. MTBE20'de %16,09, E10'da %20,08 ve M30'de %3,76 oranında benzine göre artış belirlenmiştir. Bu sonuçlar alkollerin verimli bir şekilde yandığının da bir göstergesidir. MTBE, etanol ve metanol içeriğinde benzine göre daha fazla oksijen

bulundurması neticesinde oksijen oranının benzine göre daha yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, alkol karışımlı benzin yakıtının yanmasında oksijen fazlalığı elde edilmiştir. Özellikle karbon monoksit değerlerinin de benzine göre daha az olması bunun bir göstergesi olarak kabul edilebilir.

Kirletici emisyonların içinde en çok önem taşıyan emisyonlardan birisi de CO emisyonudur. Benzinli motorların dizaynında ve işletim şartlarında CO emisyonlarının düşürülmesi, motor performansının iyileştirilmesi ve çevre kirliliğinin azaltılması bakımından büyük bir öneme sahiptir. MTBE, etanol ve metanol sayesinde özellikle CO emisyonlarında önemli azalma sağlanmıştır. Benzine göre belirgin değerler yönünden MTBE30 yakıtında %39,80 oranında, E20 yakıtında %88,85 oranında ve M30 yakıtında %89,19 oranında bir düşüş belirlenmiştir. Bu yönüyle alkol benzin karışımları CO emisyonunun azaltılması açısından önemli bir özelliğe sahiptir. Bu azalmanın başlıca nedeni MTBE, etanol ve metanolün içeriğinde oksijenin bulunmasıdır.

NO_x emisyonu bakımından MTBE haricinde etanol ve metanolde değerlerin yüksek çıktığı görülmektedir. Benzine göre belirgin değerler yönüyle MTBE20 yakıtında %19,68 oranında NO_x emisyonu düşük çıkmıştır. E30 yakıtı %17,68 ve M20 yakıtı %26,48 oranında ortalama olarak benzine göre daha fazla NO_x emisyonuna sahiptir. Bu suretle, alkollerin NO_x emisyonu hariç motor performansı ve diğer emisyonlar yönüyle başarılı sonuçlar verdiği söylenebilir.

Alkol benzin karışımları ile yapılan deneylerde alkol benzin karışımlarına ait CO₂ emisyonları da benzine göre düşük değerlerde çıkmıştır. Belirgin olan değerlerle bir karşılaştırma yapılırsa; ortalama olarak benzine göre MTBE20'de %33,28, E20'de %38,54 ve M10'da %23,84 oranında CO₂ emisyonları düşük çıkmıştır.

MTBE, Etanol ve Metanol karışımları ile yapılan deneyler için genel bir yaklaşımla sonuçlar değerlendirildiğinde benzin - alkol karışımlarında motor momenti, motor gücü değerlerinde artış ve özgül yakıt tüketiminde azalış belirlenmiştir. Emisyonlar değerlendirildiğinde benzine göre alkol karışımlarında genel olarak O₂ emisyonlarında artış, CO ve CO₂ emisyonlarında azalış olduğu tespit edilmiştir. Alkol karışımlarında

benzine göre yüksek çıkan emisyon NO_x emisyonudur.

Tüm değerlendirmeler dikkate alındığında özellikle zehirli CO emisyonları açısından alkol karışımının benzine göre daha düşük değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, çevre kirliliği göz önünde bulundurulduğunda alkol karışımının tercih edilebileceğini göstermektedir.

6. KAYNAKLAR

- Aktaş, A. (2009). Benzin-Biyodizel ve Benzin-Biyodizel–Etanol Karışımlarının Buji Ateşlemeli Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **6**: No: 4, 43-53.
- Al-Farayedhi, A. A. (2002). Effectsof Octane Numberon Exhaust Emissionsof A SparkIgnition Engine. *International Journalof Energy Research*, **26**: 279, 289 (doi:10.1002/er.783).
- Al-Hasan, M. (2003). Effectof Ethanol–Unleaded Gasoline Blendson Engine Performanceand Exhaust Emission. *Energy Conversion and Management* **44**: 1547–1561.
- Bayındır, H. (1998). Etanol-Benzin Karışımlarının Benzinli Motorlarda Motor Karakteristikleri ve Hava Kirliliğine Etkileri. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 55, 56, 76, 128, 130.
- Bayraktar, H. ve Durgun, O. (2003). Buji-Ateşlemeli Motorlar için Alternatif Yakıtların Teorik Değerlendirilmesi ve Pratik Kullanılabilirliği. *Mühendis ve Makine*, **45**: 533.
- Baus, C., Hung, H.W., Sacher, F., Fleig, M., Brauch, H.J., (2005), MTBE in drinking water production – occurrence and efficiency of treatment Technologies, *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica* ,33(2):118-132
- Chen, L., Stone R. And Richardson D. (2012). A Study of Mixture Preparationand Pm Emissions Using A DirectInjection Engine Fuelled With Stoichiometric Gasoline/Ethanolblends. *Fuel*, **96**: 120–130.
- Chen, R.-H.,Chiang, L.-B., Wu, M.-H. and Lin, T.-H. (2010). Gasoline Displacement And NO_x Reductionin An SI Engine By Aqueous Alcohol Injection. *Fuel*, **89**: 604–610.
- Çalışır, A. ve Gümüş, M. (2009). Buji Ateşlemeli Bir Motorda Benzin-Metanol Karışımlarının Motor Performansı ve Egzoz Emisyonları Üzerine Etkisi. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, Türkiye.
- Çelik, B. (2008). Buji ile Ateşlemeli Bir Motorun Sıkıştırma Oranının Değişken Hale Dönüştürülmesi ve Performansa Etkisinin Araştırılması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Çelik, M. B. ve Çolak, A. (2008). Buji Ateşlemeli Bir Motorda Alternatif Yakıt Olarak Saf Etanolün Kullanılması. *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Der.*, **23**: No 3, 619-626.
- Çelikten, İ. (2004). Tam Yükte Çalışan İndirekt Püskürtmeli Bir Dizel Motorunda, Dizel ve Dizel-Etanol Yakıt Karışımlarının Performans ve Emisyon Değişimlerine Etkisi. *Teknoloji*, **7**: Sayı 1, 11-18.
- Encyclopedia Britannica (1911). Eleventh Edition, Vol. 6.
- Eyidoğan, M. (2009). Etanol-Benzin ve Metanol-Benzin Karışımlarının Buji Ateşlemeli Bir Motorun Yanma Karakteristiği ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Hsieh, W., Chen, R., Wu, T. and Lin, T. (2002). Engine Performance and Pollutant Emission of An SI Engine Using Ethanol-Gasoline Blended Fuels. *Atmospheric Environment*, **36** (3): 403-410.
- Kaplan, M., Aydın, S., Fidan, S. (2004). Geleceğin Alternatif Enerji Kaynağı Biyoetanolün Önemi ve Sorgum Bitkisi. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi 8. Uluslararası Yanma Sempozyumu, Ankara.
- Kendirli, B. ve Çakmak, B. (2010). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmasında Kullanımı. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara.
- Koçtürk, D. (2011). Farklı Özelliklerdeki Etanol-Benzin Karışımı Yakıtların Buji ile Ateşlemeli Motorlarda Kullanılmasının Çevresel ve Ekonomik Yönden Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Niven, R. K. (2005). Ethanol in Gasoline: Environmental Impacts and Sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **9**: 535-555.
- Poulton, M. L. (1994). Alternative Fuels for Road Vehicles. Computational Mechanics, Inc., Billerica, MA, U.S.A.
- Richard, L., Bechtold, P.E. (1997). Alternative Fuels Guidebook. Society of Automotive Engineers, Inc. Warrendale, Pa, U.S.A.
- Örs, İ. (2007). Benzin-Etanol Karışımlarının Taşıt Performansına ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Özsezen, A. N., Çanakcı, M. ve Kılıçaslan İ. (2010). Alkol-Benzin Karışımlarının Kullanıldığı Bir Taşıtta Yanma Veriminin İncelenmesi. 11. Uluslararası Yanma

Sempozyumu, Sarajevo.

Topg l, T. (2006). Buji ile Ateşlemeli Motorlarda Etil Alkol-Benzin Karışımı Kullanımında Optimum alışma Parametrelerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

T B TAK-TTGV (2002). Enerji Teknolojileri Politikası alışma Grubu Raporu Yönetici  zeti.

Türkiye Enerji Raporu 2007-2008 (2008). Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi.

Türköz, N. (2012). Etanol-Benzin Karışımlarının Motor Performansı ve Emisyonlarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

 ltanır, M.  . (1998). 21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi. TÜSİAD Yayını, s.277, İstanbul.

Yücesu, H. S., Topg l, T., ınar, C. ve Okur M. (2006). Effect of Ethanol-Gasoline Blend on Engine Performance and Exhaust Emissions in Different Compression Ratios. *Applied Thermal Engineering*, **26**: 2272-2278.

Yüksel, F. ve Yüksel, B., (2004). The use of Ethanol-Gasoline Blend as a Fuel in a SI Engine. *Renewable Energy*, **29** (7): 1181-1191.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Rıdvan ERENORAL
Doğum Yeri ve Tarihi : Adana, 01/01/1982
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : ridvan_erenoral@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Ceyhan Endüstri Meslek Lisesi
Lisans : Gazi Üniversitesi
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi

EK-1

Deneylerden Elde Edilen Değerler

BENZİN			
Motor devri	Moment (Nm)	Motor gücü (kW)	be(gr/kWh)
4100	9,711	4,169557022	287,8003572
3500	10,92	4,002513352	209,8681319
3000	9,165	2,879359095	291,7315876
2500	10,881	2,848727615	252,7444169
2100	7,722	1,698209237	423,976024
1700	6,981	1,242821238	579,3270811
MTBE 10			
Motor devri	Moment (Nm)	Motor gücü (kW)	be(gr/kWh)
4500	8,034	3,786050895	348,648245
4000	10,92	4,574300974	209,8681319
3500	11,622	4,259817782	225,3617523
3000	11,895	3,737040528	160,554855
2500	11,739	3,073358467	195,2261692
2000	10,53	2,205466541	272,0512821
1750	9,906	1,815425699	330,5009951
MTBE 20			
Motor devri	Moment (Nm)	Motor gücü (kW)	be(gr/kWh)
4500	7,644	3,602262017	333,1240188
4000	9,672	4,05152372	236,9478908
3400	11,505	4,09644989	263,6429174
3000	11,778	3,700282752	194,5797249
2600	9,516	2,591014766	324,1973033
2000	10,452	2,189129752	328,8978186
1600	8,97	1,502984606	558,8879599
MTBE 30			
Motor devri	Moment (Nm)	Motor gücü (kW)	be(gr/kWh)
4550	7,839	3,735202639	353,3944815
4000	10,764	4,508953817	239,5234114
3500	11,232	4,116870877	204,0384615
3050	11,583	3,699670123	227,0472697
2500	9,282	2,430097392	411,5061409
2000	8,775	1,837888784	457,0461538
1750	7,098	1,300816839	461,2486415
1500	7,059	1,108859566	541,0964726

ETANOL 10			
Motor devri	Moment (Nm)	Motor gücü (kW)	be(gr/kWh)
4500	8,97	4,227144204	283,8795987
4000	10,452	4,378259504	191,8570608
3500	11,466	4,20263902	142,7674366
3000	10,959	3,442978322	209,1212702
2500	9,672	2,532202325	236,9478908
2000	8,229	1,72353126	348,1224936
1800	7,371	1,389443921	431,8274318
ETANOL 20			
Motor devri	Moment (Nm)	Motor gücü (kW)	be(gr/kWh)
4500	7,995	3,767672008	318,4990619
4000	9,75	4,084197298	205,6707692
3500	10,842	3,973923971	181,181121
3000	10,569	3,320452403	216,8379222
2500	11,193	2,930411561	286,6491557
2000	9,984	2,091109017	344,3149038
1800	7,605	1,433553252	502,2485207
ETANOL 30			
Motor devri	Moment (Nm)	Motor gücü (kW)	be(gr/kWh)
4500	7,683	3,620640905	331,433034
4000	9,867	4,133207666	232,2651262
3500	10,803	3,959629281	151,5293371
3000	9,243	2,903864279	289,2697176
2500	9,906	2,593465284	323,8909752
2000	8,463	1,772541627	406,1963843
1800	5,382	1,014514609	640,7004831

METANOL 10			
Motor devri	Moment (Nm)	Motor gücü (kW)	be(gr/kWh)
4500	8,034	3,786051	316,9529
4000	10,53	4,410933	244,8462
3500	10,374	3,802388	252,4729
3000	9,75	3,063148	274,2277
2500	11,739	3,073358	273,3166
2100	9,594	2,109896	341,249
1800	7,722	1,455608	494,6387
METANOL 20			
Motor devri	Moment (Nm)	Motor gücü (kW)	be(gr/kWh)
4500	8,619	4,061734213	265,8962757
4000	10,452	4,378259504	219,2652124
3600	10,686	4,028652215	208,506457
3000	10,53	3,308199811	253,9145299
2600	11,583	3,153817154	228,2947821
2150	11,544	2,599183161	277,0101049
1850	11,778	2,28184103	315,534689
METANOL 30			
Motor devri	Moment (Nm)	Motor gücü (kW)	be(gr/kWh)
4500	9,555	4,502827521	239,8492936
4000	11,076	4,639648131	206,9122427
3600	11,661	4,396229972	163,7766915
3000	11,856	3,724787936	128,8663968
2550	11,31	3,020263902	238,3897644
2000	11,622	2,43418159	197,1915333
1800	8,97	1,690857681	354,8494983

BENZİN					
Motor devri	O₂	CO	NO	NO_x	CO₂
4100	12,36	6650	255	268	5
3500	11,50	6500	773	812	6,09
3000	11,30	7000	822	863	6,10
2500	11,29	7618	600	627	5,50
2100	10,80	6480	454	477	5,78
1700	12,40	4270	400	420	6,44

MTBE 10					
Motor devri	O₂	CO	NO	NO_x	CO₂
4500	16,25	1936	136	143	3,00
4000	12,48	4883	276	290	4,83
3500	12,11	6583	448	471	5,04
3000	12,35	6934	800	814	4,90
2500	11,30	7492	780	714	5,50
2000	11,22	7086	800	800	5,54
1750	13,38	7240	203	220	4,32

MTBE 20					
Motor devri	O₂	CO	NO	NO_x	CO₂
4500	15,71	3843	140	147	3,00
4000	12,88	4959	402	422	4,60
3400	12,01	6000	596	626	5,09
3000	13,42	6500	537	564	4,29
2600	13,07	5487	593	623	4,49
2000	12,34	4665	850	750	4,91
1600	16,94	4152	181	190	2,00

MTBE 30					
Motor devri	O₂	CO	NO	NO_x	CO₂
4550	16,27	1648	121	127	3
4000	13,60	2908	284	298	4,19
3500	12,77	4990	575	603	4,66
3050	12,78	4918	616	647	4,66
2500	12,05	7807	766	804	5,07
2000	11,73	5401	741	778	5,25
1750	12,49	1283	741	700	4,82
1500	16,68	1728	164	173	2,00

ETANOL 10					
Motor devri	O₂	CO	NO	NO_x	CO₂
4500	17,12	1935	139	146	2
4000	13,12	5562	435	457	4,47
3500	12,41	6752	680	714	4,87
3000	13,10	4200	842	884	4,48
2500	12,52	4423	1130	1140	4,80
2000	12,43	4330	800	834	4,86
1800	16,34	2195	450	470	2,80

ETANOL 20					
Motor devri	O₂	CO	NO	NO_x	CO₂
4500	17,32	270	88	92	2
4000	13,92	785	328	344	4,01
3500	13,45	915	645	677	4,28
3000	13,34	553	891	936	4,34
2500	12,52	1302	1171	1229	4,80
2000	14,58	644	1356	1100	3,64
1800	17,04	299	243	256	2,25

ETANOL 30					
Motor devri	O₂	CO	NO	NO_x	CO₂
4500	17,12	1935	139	146	2
4000	12,20	6250	335	352	4,99
3500	12,29	4813	689	723	4,94
3000	12,57	2158	1049	1101	4,78
2500	12,01	3338	1188	1247	5,10
2000	12,32	1521	1329	1000	4,92
1800	13,13	959	350	400	4,46

METANOL 10					
Motor devri	O₂	CO	NO	NO_x	CO₂
4500	12,69	1489	298	313	4,71
4000	11,63	1873	651	683	5,31
3500	11,30	1566	852	894	5,50
3000	11,20	742	865	908	4,82
2500	11,76	3165	1100	1200	5,24
2100	11,57	4049	1150	1170	5,34
1800	11,70	549	450	470	5,27

METANOL 20					
Motor devri	O₂	CO	NO	NO_x	CO₂
4500	12,69	314	390	410	4,71
4000	11,60	630	617	648	5,33
3600	11,15	1470	803	843	5,58
3000	12,02	637	804	844	5,09
2600	11,74	610	1200	1175	5,25
2150	12,11	693	1049	1102	5,04
1850	11,16	1426	350	367	5,58

METANOL 30					
Motor devri	O₂	CO	NO	NO_x	CO₂
4500	12,69	314	390	410	4,71
4000	11,97	2203	409	429	5,12
3600	11,87	715	750	775	5,17
3000	12,42	609	810	840	4,86
2000	11,39	442	1159	1217	5,44
1800	12,50	420	330	335	4,34