

Alkol Yakıtların Buji Ateşlemeli Motorlarda Kullanımının Performans ve Emisyonlara Etkisinin İncelenmesi

Ali Şenbahçe¹, Mustafa Temür², Cenk SAYIN³

^{1,2,3}Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Göztepe Kampüsü, 34722, İstanbul, Türkiye

Özet

İçten yanmalı motorlarda yakıt tüketimi, hava kirliliği ve çevre koşulları açısından benzine alternatif oluşturabilecek yeni ve yenilebilir enerji kaynaklarının önemi oldukça artmaktadır. Bu çalışmada, benzin ve metanol-benzin (M5, M10, M20 ve M50) karışımlarının, motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler, dört zamanlı, tek silindirli, buji ile ateşlemeli bir motorda ve motor dinamometresi kullanılarak 10 Nm ve 20 Nm motor yükünde ve 2000 d/d'da sabit hızda yapılmıştır. Deneyler sonucunda, karışımdaki metanol oranının artmasıyla özgül yakıt tüketimi artarken, efektif verim, NO_x, HC, CO₂ ve CO emisyonları azalmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Alkol Yakıtlar, Metanol, Motor Performansı, Egzoz Emisyonları

The Effect of Using Alcohol Fuels on the Performance and Emissions in Spark Ignition Engines

Abstract

In internal combustion engines, the importance of new and renewable energy resources which may be an alternative to gasoline in terms of fuel consumption, air pollution and environmental conditions notably increases. In this study, the effect of gasoline and methanol-gasoline (M5, M10, M20 and M50) mixtures on the engine performance and exhaust emissions has been experimentally examined. The experiments have been performed on a four-stroke, single cylinder and spark plug ignition engine by using engine dynamometer at 10 Nm and 20 Nm engine load and at 2000 rev/min constant speed. In consequence of experiments, effective output, NO_x, HC, CO₂ and CO emissions decrease while specific fuel consumption increases with the increase of methanol ratio in the mixture.

Keywords: Alcohol Fuels, Methanol, Engine Performance, Exhaust Emissions

1. Giriş

Dünyada sanayileşme ve artan nüfus nedeniyle enerji ihtiyacı günden güne artmaktadır. Bunun sonucunda da tüm dünyada enerji açığı ortaya çıkmaktadır. Sanayileşmiş ve sanayileşmekte olan ülkeler enerji ihtiyaçlarını karşılamak için yeni enerji kaynaklarına yönelmektedir. Yeni ve yenilebilir enerji kaynaklarının geliştirilmek istenmesinin bir başka sebebi de, dünyadaki fosil yakıt rezervlerinin tükeniyor olmasıdır. Üretilen petrol ve doğal gaz rezervlerinin azalması, insanlığın geleceği açısından düşündürücüdür. Günümüzde kullanılan motorlu taşıtların egzoz gazlarının sebep olduğu hava kirliliğinin, önlemler alınmasını gerektiren bir çevre sorunu haline gelmesi, kullanılan enerji kaynaklarının ekonomik kriz sebebiyle ekonomik özelliklerini yitirmesi ve bu kaynakların zamanla tükenecek olması bilim adamlarını bu enerji kaynaklarının yerine alternatif enerji kaynaklarını araştırmaya yöneltmiştir. İçten yanmalı motorlarda (İYM)'de kullanılan yakıtın kolayca buharlaşabilmesi, birim hacminden yüksek enerji sağlanabilmesi ve dünyanın her yerinde kolay bulunabilmesi istenir. Araştırmacılar, motorlar üzerinde yaptıkları çalışmalarda, yüksek verimli ve çevreci motorların geliştirilmesini hedeflemiştir. Fosil kökenli yakıtlar, yakıtın özelliklerinden dolayı motor performansını sınırlayıcı nedenler, yenilebilir alternatif yakıtların araştırılmasını zorunlu duruma getirmiştir. 1976 yılından beri etanol ve metanol gibi alkol kökenli yakıtların İYM'de kullanılması ile ilgili çalışmalar artarak devam etmektedir [1-2].

Günümüzde bazı alkol yakıtlar (etanol, metanol gibi) bitkisel kaynaklardan da üretilmektedir. Üretilmesi fiziksel ve kimyasal işlemler sonucu oluşur. Ülkemizde tarımsal alanları göz önünde bulundurursak, bitkisel kökenli yakıt üretimi de buna paralel olarak önem kazanmaktadır. Bununla beraber, ülkemizde de kimyasal olarak, etanol ve metanol üretimi de yapılmaktadır. Alkol yakıtlar Buji Ateşlemeli Motorlar (BAM)'da yakıt olarak kullanıldıklarında benzine oranla bazı avantajlar sağlamaktadır. Metanolün vuruntu direnci benzine göre daha yüksektir. SO'nun fazlaştırılmasıyla efektif verim (η) iyileştirilebilir [4-5]. Metanol BAM'da saf olarak veya benzin ile karıştırılarak kullanılabilir. Saf olarak kullanılırsa, motor ve yakıt sisteminde bazı değişiklikler yapmak gerekirken, karışım olarak kullanıldığında herhangi bir değişiklik yapmaya gerek olmadan kullanılabilir. Bu iki yöntemde de performans ve emisyonlarda önemli iyileşmeler olmaktadır [3].

Metanolün H/Y oranının düşük olması yakıtın kimyasal bileşiminde bulunan oksijen neden olmaktadır. Metanol içerisindeki oksijen oranı kütleli olarak %49,94'dür. Yakıtların alt ısıl değerleri mukayese edildiğinde benzinin alt ısıl değerinin metanole göre, 2,204 kat daha fazla olduğu anlaşılmıştır. Bu durum metanol yakıtlı çalışmalarda birim güç başına benzine oranla daha fazla yakıt harcamasına neden olmaktadır. Stokiyometrik H/Y oranının az olması karışımın ısıl değerini artırmaktadır. Bunun için, metanolün BAM'larda kullanılması teorik olarak, ısıl değer bakımından bir kayıp değildir. Ancak, birim güç başına tüketilen yakıt miktarının benzine oranla oldukça fazla olması kaçınılmazdır.

Literatürde metanolün BAM'larda saf olarak ya da karışım olarak uygulanmasına yönelik birçok çalışma bulunmaktadır. Abu-Zaid vd. yapmış oldukları çalışmada benzine metanol ilavesi ile buji ateşlemeli bir motorun performansını incelemiştir. Performans testleri tam gaz keleşi açıklığında, 1000-2500 d/d aralığında ve değişik yüklerde gerçekleştirilmiştir. Testler sonucunda metanol-benzin karışımı kullanılan yakıtın motor performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. En iyi performansın %15 metanol-%85 benzin karışımında olduğu tespit edilmiştir [4].

Al-Dawood yapmış olduğu deneysel çalışmada buji ateşlemeli bir motorda, metanol ve etanol yakıtlarını benzin ile üç değişik oranda (hacimsel olarak %10, 15 ve 20) karıştırarak motor yakıtı olarak kullanılmıştır. Bu yakıtların kullanılmasının motor performansı ve egzoz emisyonlarına olan etkileri incelenmiştir. Test sonuçlarına göre oksijenli yakıtlardan elde edilen ISV (Isıl verim)'nin kurşunlu benzine göre daha iyi olduğu görülmüştür. Metanol karışımı yakıtından elde edilen ISV ve motor gücünün diğer oksijenli yakıtlara göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir [5].

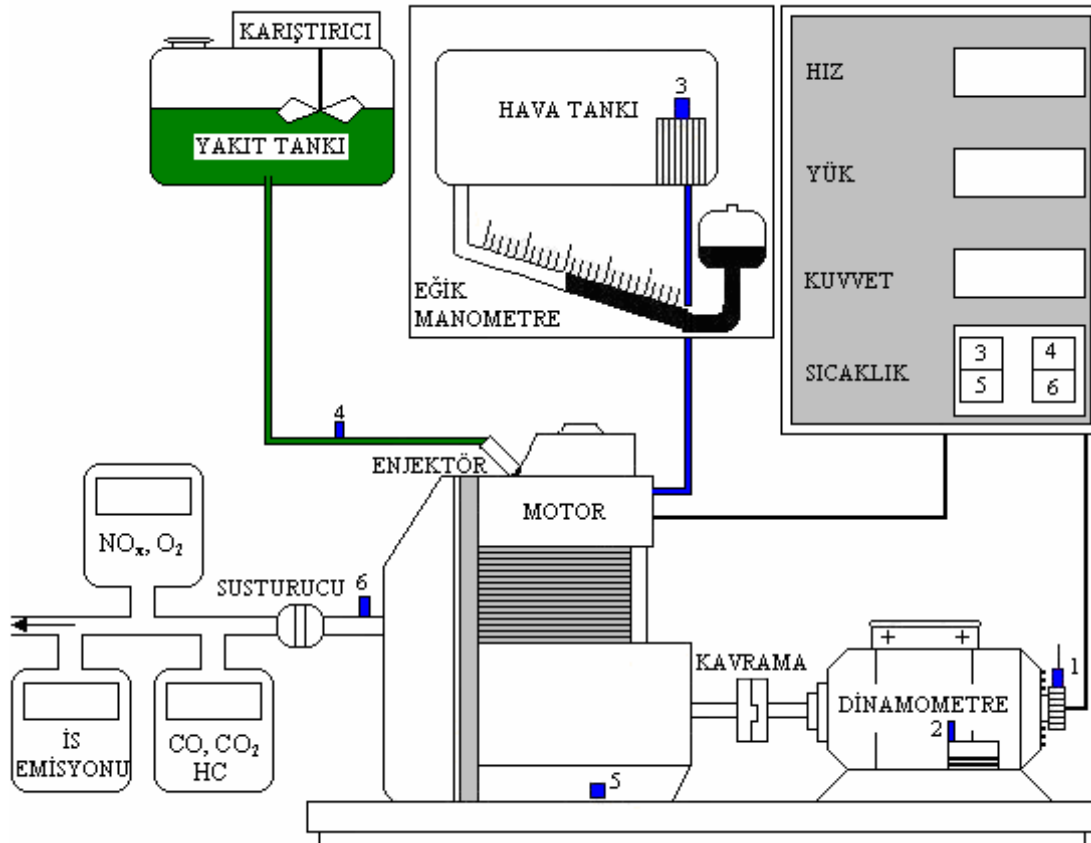
Bilgin ve Sezer buji ateşlemeli bir motorun metanol-benzin karışımları kullanılarak motor performansı ve yakıt maliyetleri baz alınarak yapmış oldukları testlerde, yakıt karışımları olarak %5, %10, %15 ve %20 metanol-benzin yakıtlarını kullanmışlardır. Fren termik veriminin (BTE)'nin ise en iyi performansının %20 metanol-benzin karışımında olduğu tespit edilmiştir. %5, %10, %15 ve %20

metanol-benzin karışımlarının benzine göre maliyet artışlarının sırasıyla %18.86, %36.95, %54.20 ve %73.01 olduğu hesaplanmıştır [6].

Çanakçı vd. dört silindri ve dört zamanlı bir benzin motorunda etanol-benzin ve metanol-benzin karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemiştir. Deneyler dört farklı karışım oranında (%5 metanol-%95 benzin, %10 metanol-%90 benzin, %5 etanol-%95 benzin ve %10 etanol-%90 benzin), dört farklı motor yükünde (5, 10, 15, 20 kW) ve iki farklı taşıt hızında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilere göre; karışım içerisindeki alkol miktarının artışıyla CO, HC, NO_x ve CO₂ emisyonunda azalma ÖYT’de ise artma gözlenmiştir [7]. Literatür incelendiğinde farklı oranlardaki metanol-benzin karışımları kullanımında emisyon, performans ve yanma özelliklerinin etkisinin bir bütünlük içerisinde araştırılmadığı görülmektedir. Bu çalışma ile bu eksikliğin giderilmesi amaçlanmıştır.

2. Deneysel Çalışma

Deney donanımında; tek silindri benzinli motor, elektrikli (eddy current) dinamometre, egzoz gaz analizörü, hava ve yakıt tüketimi ölçüm düzeneğinden oluşmaktadır. Deneyler, Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Otomotiv laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Test donanımının şematik ve genel görünümü Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de verilmiştir. Testlerde KIPOR AG390 marka tek silindri bir test motoru kullanılmıştır. Şekil 1. Deney motoruna ait teknik özellikler Tablo 1’de görülmektedir. Deneylerde saf olarak kurşunsuz benzin ve metanol yakıtları kullanılmıştır. MERCK ticari firmasından temin edilen metanol yakıtı %99,9 saflık derecesindedir. Testlerde kullanılan yakıtların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 2’de gösterilmiştir



Şekil 1. Deney Donanımının Şematik Görünümü

1- Hız Sensörü 2-Yük Hücresi

3- Hava Sıcaklık Termokuplu 4- Yakıt Sıcaklık Termokuplu
5- Yağ Sıcaklık Termokuplu 6- Egzoz Sıcaklık Termokuplu

Tablo 1. Deney motoruna ait teknik özellikler

| Özellikler | |
|------------------------|----------------------------|
| Motor tipi | Hava soğutmalı, 4-zamanlı, |
| Maksimum motor momenti | 16 Nm/2200 d/d |
| Silindir çapı x kurs | 88 x 64 mm |
| Motor hacmi | 389 cc |
| SO | 8:1 |
| Net çıkış gücü | 4,8 kW /3600 d/d |
| Yağ türü | 15/40 |
| Yağ kapasitesi | 1,1 l |
| Motor ağırlığı | 35 kg |

Tablo 2. Deney yakıtlarının bazı fiziki ve kimyasal özellikleri [8].

| | Birim | Saf Benzin | Metanol |
|-----------------------------|-------------------|------------|--------------------|
| Kimyasal formülü | - | - | CH ₃ OH |
| Molar ağırlığı | g/mol | 95-120 | 32,04 |
| Tutuşma sıcaklığı | °C | 210 | 455 |
| Yoğunluk (20°C) | kg/m ³ | 720-775 | 792 |
| Kaynama noktası (101,3 kPa) | °C | 27-225 | 64,5 |
| Buhar basıncı (20°C) | kPa | 45-90 | 12,8 |
| Yanma limitleri | % hacim | 1,4-7,6 | 5,5-36,5 |
| Alevlenme noktası | °C | 25 | 11 |
| Alt ısı değeri | kJ/kg | 44300 | 20100 |

Deneylerde kullanılan metanol-benzin karışımları aşağıdaki gibidir.

M0 : %100 Benzin **M5** : %5 Metanol + %95 Benzin **M10** : %10 Metanol + %90 Benzin
M20 : %20 Metanol + %80 Benzin **M50** : %50 Metanol + %50 Benzin

Egzoz emisyonlarının ölçümü için Bilsa Mod 2000 (G486) egzoz emisyon analiz cihazı kullanılmıştır, Egzoz gaz analiz cihazının teknik özellikleri Tablo 3' de verilmiştir. Egzoz gaz analiz cihazı ile NO_x, HC, CO, CO₂, λ ve O₂ değişkenleri ölçülebilmektedir.

Tablo 3. Egzoz gaz analiz cihazının teknik özellikleri

| Parametreler | Ölçüm Aralıkları | Hassasiyeti |
|--------------------|-------------------|-------------|
| (CO) | (CO) 0...12% Vol | %0,001 |
| (CO ₂) | 0...25% Vol | %0,01 |
| (HC) | (0...2000 ppm Vol | 1 ppm |
| NO _x | 0...2000 ppm Vol | 1 ppm |

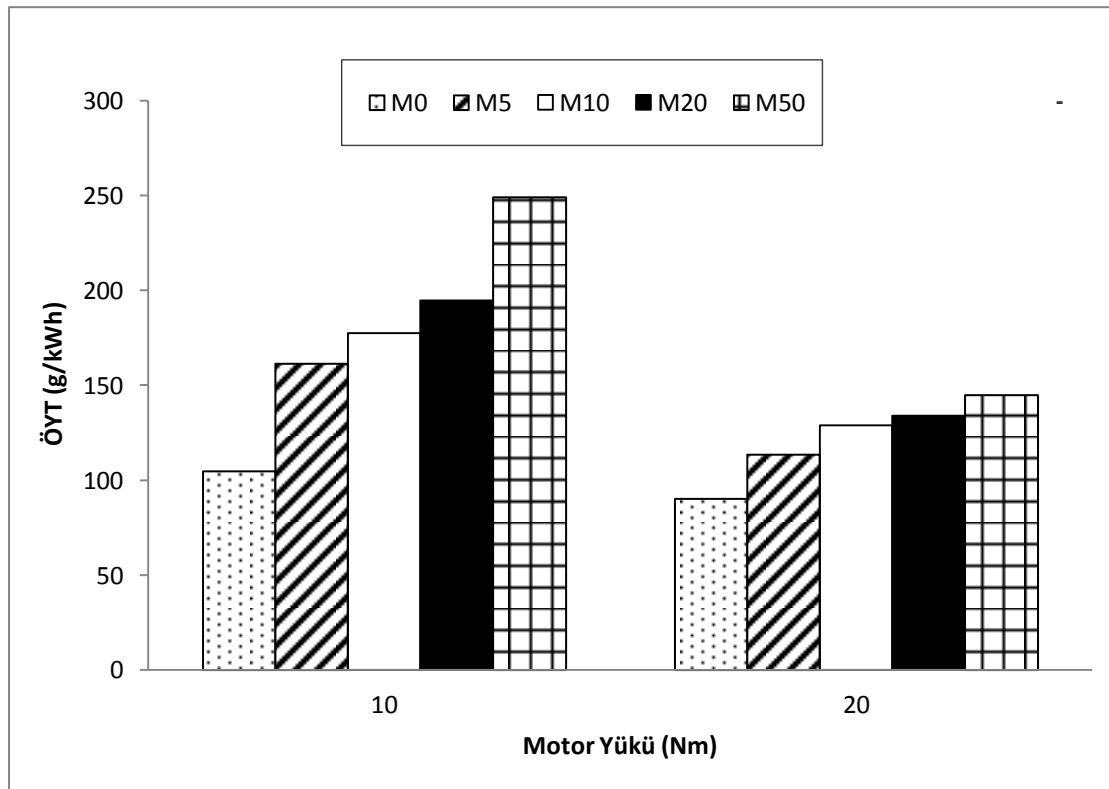
Motor testleri 2000 d/d sabit hız ve iki farklı (10 ve 20 Nm) yükte gerçekleştirilmiştir. Deneylere başlamadan önce motor yağ sıcaklığı 65°C'ye gelene kadar çalıştırılmış ve bu sıcaklıktan sonra deneylere başlanmıştır. Test ölçümlerinin kararlılığı açısından, her deneyden sonra motor bir süre dinlenmeye bırakılmıştır. 2000 d/d motor hızında, 10 Nm ve 20 Nm yüklerinde, M10, M20 ve M50 yakıtları kullanılarak yapılan deneylerde ÖYT, Egzoz gazı sıcaklığı (EGS), CO, CO₂, NO_x ve HC emisyonları incelenerek, karşılaştırma yapılmıştır.

2. Bulgular ve Tartışma

3.1. Özgül yakıt tüketimi

ÖYT, birim güç başına birim zamanda tüketilen yakıt miktarıdır. Şekil 2. incelendiğinde, motor yükü arttıkça ÖYT azalmaktadır. 10 Nm yükte M10 yakıtı için ÖYT değeri 166,34 g/kWh iken 20 Nm'de yine aynı yakıt için 116,88 g/kWh olarak hesaplanmıştır. Motorun belli çalışma şartlarında emdiği gerçek hava miktarının, teorik hava miktarına oranına volümetrik verim denir. Motor yükünün artmasıyla beraber yanma ürünlerinin egzoz sisteminde kalma süresi azalmaktadır. Sonuç olarak, emme zamanında silindirlere daha fazla hava alınması ile birlikte volümetrik verim artar. Volümetrik verimin artması da ÖYT'nin azalmasına sebep olur [9].

En düşük ÖYT, ve 20 Nm'de M0 yakıtından elde edilmiştir. M5, M10, M20 ve M50 yakıtlarında ÖYT'nin benzine göre ortalama artış miktarları sırasıyla %12,02; %21,71; %31,41 ve %43,05 olarak belirlenmiştir. Metanol-benzin karışımlarında meydana gelen ÖYT artışının temel nedeni, metanolün içerisinde oksijen bulundurması sonucunda ısı değerlerinin benzine göre daha düşük olmasıdır [10].

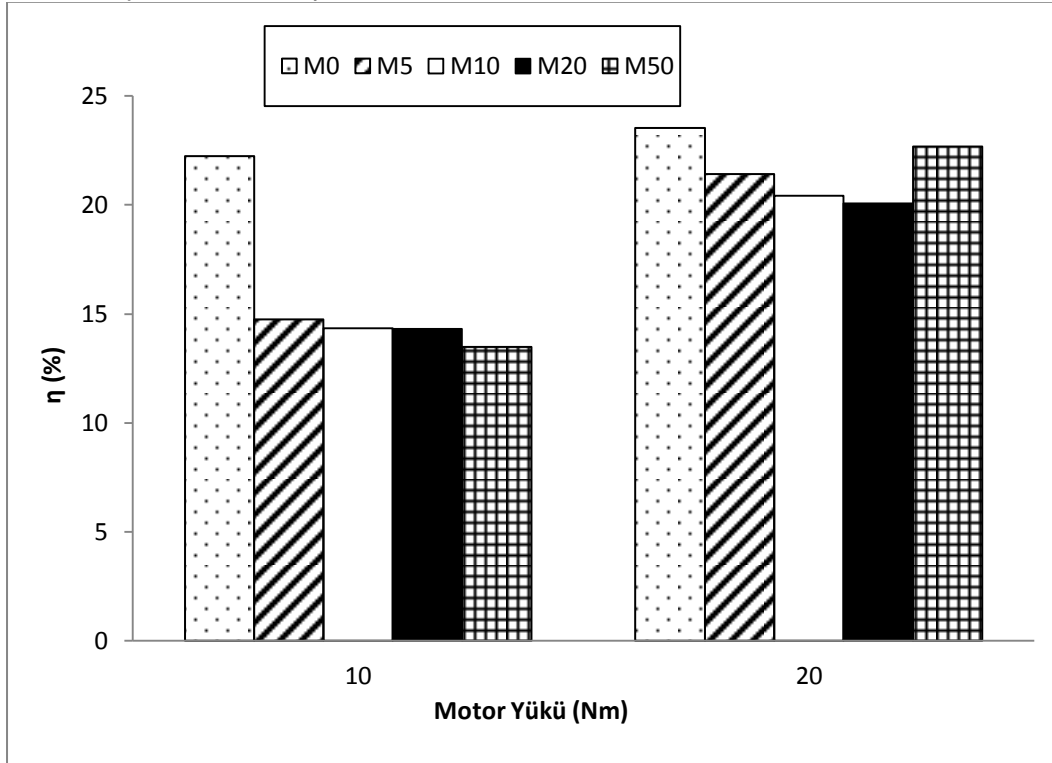


Şekil 2 Motor Yüküne Bağlı Olarak Farklı Karışım Yakıtları İçin Özgül Yakıt Tüketiminin Değişimi.

3.2. Efektif verim

Efektif verim (η), motor milinden alınan işin, motora verilen toplam enerjiye oranı olarak tanımlanmaktadır. Şekil 3. incelendiğinde, motor yükü arttıkça η artmaktadır. 10 Nm yükte M10 yakıtı için η değeri %14,35 iken 20 Nm'de yine aynı yakıt için %20,43 olarak görülmektedir. Denklem 2.6'da görüldüğü gibi η değeri, ÖYT değeri ve karışımın H_u değerinin artması ile beraber azalmaktadır. Motor yükünün artması ile ÖYT azalmaktadır. Bununla beraber η değeri artmaktadır [59]. En düşük η , 10 Nm'de M50 yakıtından elde edilmiştir. M5, M10, M20 ve M50 yakıtlarında η 'nin

benzine göre ortalama azalma miktarı sırasıyla %33,66; %35,42; %25,60 ve %39,29 olarak belirlenmiştir. Metanolün benzine göre adyabatik alev sıcaklıklarının daha düşük olması ve yanma hızlarının yüksek olması η 'nin artışında önemli bir neden olmaktadır [11].

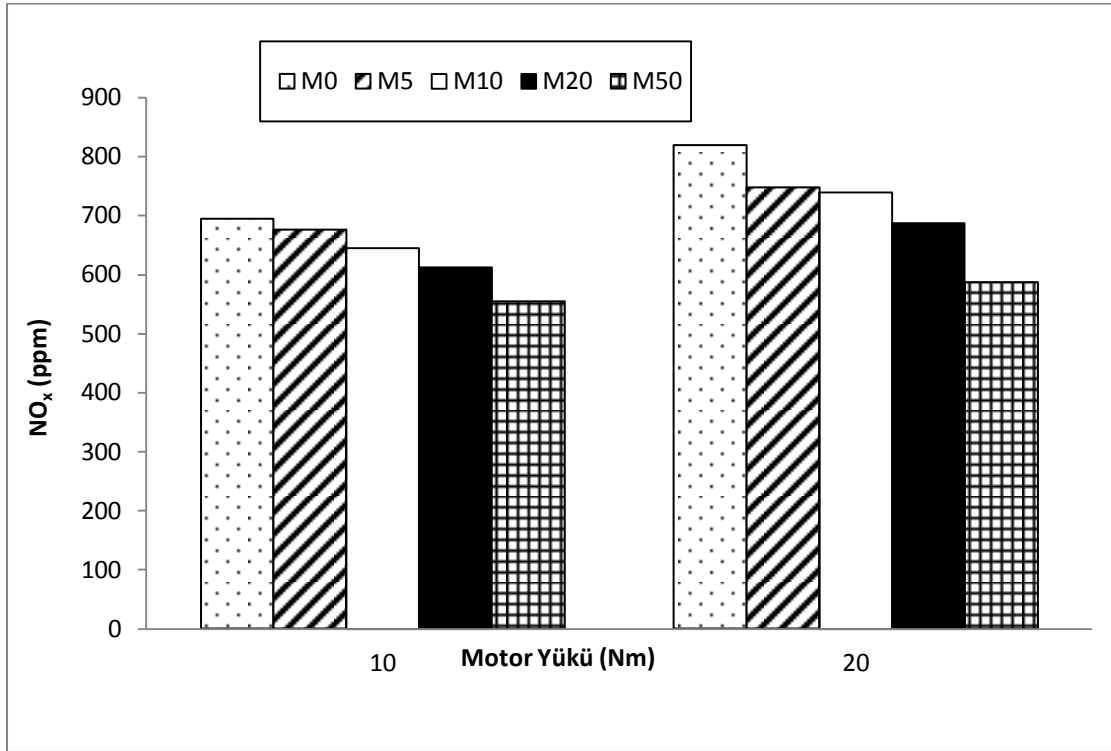


Şekil 3. Motor Yüğüne Bağlı Olarak Farklı Karışım Yakıtları İçin Efektif Verim'in Değişimi

3.3. NO_x emisyonu

NO_x hava içerisindeki azot (N) atomunun yüksek sıcaklık etkisi ile oksitlenmesi sonucu oluşan bir emisyonudur. Şekil 4. incelendiğinde motor yükü arttıkça NO_x azalmaktadır. 10 Nm yükte M10 yakıtı için NO_x değeri 645 ppm iken 20 Nm'de yine aynı yakıt için 739 ppm olarak ölçülmüştür. NO_x oluşumunu silindir içi basınç ve sıcaklığın etkilediği, sıcaklık arttıkça NO_x emisyonunun da hızla artması beklenir [61]. En düşük NO_x 10 Nm'de M50 yakıtından elde edilmiştir. M5, M10, M20 ve M50 yakıtlarında NO_x'in benzine göre ortalama azalma miktarları sırasıyla %2,83; %7,20; %11,80 ve %20,29 olarak belirlenmiştir. Metanolün adyabatik alev sıcaklığının düşük olması NO_x emisyonlarının azalmasına neden olmaktadır [12-13].

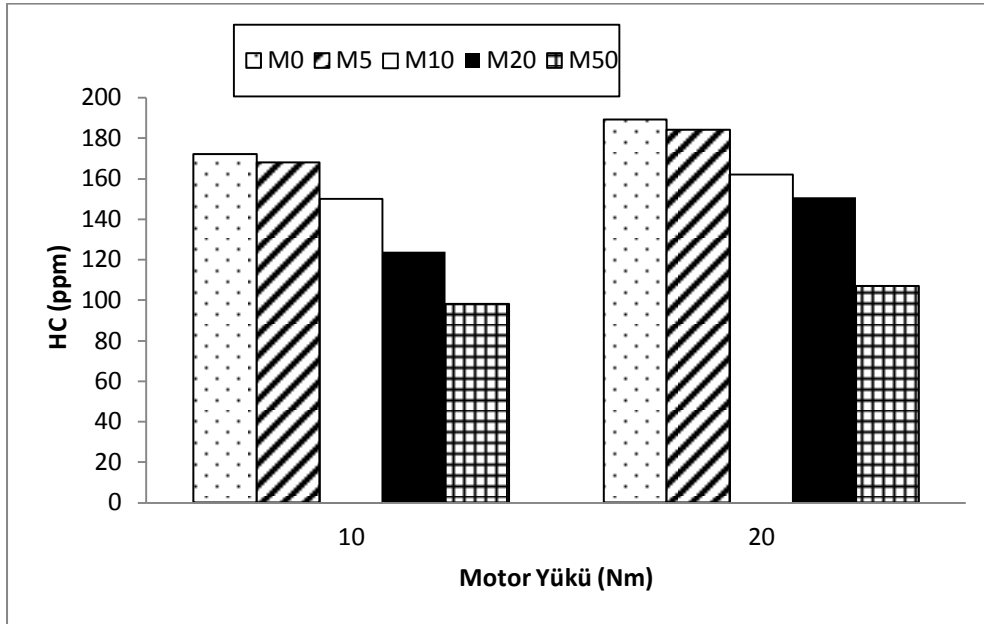
150 ppm iken 20 Nm yükte yine aynı yakıt için 162 ppm olarak ölçülmüştür. Motor yükünün artması ile birlikte karışımın zenginleşmesinden dolayı HC emisyonları artmaktadır [13].



Şekil 4. Motor Yüküne Bağlı Olarak Farklı Karışım Yakıtları İçin NO_x Emisyonunun Değişimi

3.4. Yanmamış Toplam HC Emisyonu

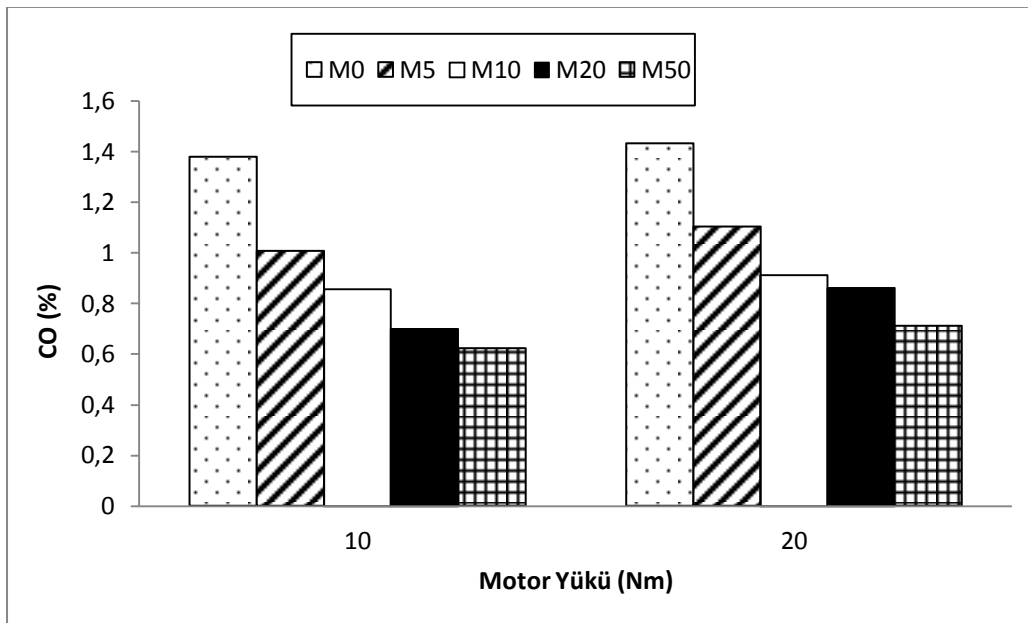
Toplam HC emisyonları yanmamış veya kısmi yanmış hidrokarbon yakıtlardan oluşmaktadır. HC emisyonlarının oluşmasına sebep olan başlıca nedenler fazla zengin veya fakir karışımlar sonucunda oluşan eksik yanma, hava-yakıt karışımı içerisinde bulunan yüksek oranda yanmış egzoz gazları, yanma yüzeylerinde oluşan alev sönmesi, yanma odasındaki karbon birikintileri ve silindir cidarındaki yağ tabakasının yakıt tutması olarak sıralanabilir [12]. Şekil 5. incelendiğinde, motor yükü arttıkça HC emisyonları artmaktadır. M10 yakıtı için HC emisyon değeri 150 ppm iken 20 Nm yükte yine aynı yakıt için 162 ppm olarak ölçülmüştür. Motor yükünün artması ile birlikte karışımın zenginleşmesinden dolayı HC emisyonları artmaktadır [13]. En düşük HC emisyonu, 10 Nm'de M50 yakıtından elde edilmiştir. M5, M10, M20 ve M50 yakıtlarında HC'nin benzine göre azalma miktarları sırasıyla %2,33; %12,79; %17,91; %43,03 olarak belirlenmiştir. HC emisyonlarındaki azalmanın nedeni, metanol içindeki C miktarının düşük olması ve yapısında O₂ bulundurması ile yanma kalitesinin iyileşmesinden kaynaklanmaktadır [14].



Şekil 5. Motor Yüğüne Bağlı Olarak Farklı Karışım Yakıtları İçin HC Emisyonunun Değişimi

3.5. CO emisyonu

CO emisyonu, yanma odası içerisinde yetersiz O_2 bulunmasıyla yakıt içerisindeki C atomlarının tam olarak yanamamasıyla oluşur. CO emisyonu yakıtın kimyasal bileşiminde bulunan C atomu sayısı ile de ilişkilidir [15-16]. Şekil 6. incelendiğinde, motor yükü arttıkça CO emisyonu artmaktadır. 10 Nm yükte M10 yakıtı için CO değeri %0,856 iken 20Nm'de yine aynı yakıt için %0,912 olarak ölçülmüştür. CO emisyonunu etkileyen başlıca etkenler, λ , yanma odasındaki türbülans ve yakıtın moleküler yapılarıdır. Eğer $\lambda < 1$ ise, yani gerekenden daha az hava var ise yanma yetersiz O_2 ortamında olacak ve yakıtta C'nun tümü CO_2 'ye dönüşmesi gerçekleşmeyerek CO olarak kalacaktır. Motorda silindir içindeki O_2 genel olarak yetersiz olabileceği gibi, karışımın tam homojen olmaması durumunda silindir içinde de yetersiz olabilir [12].



Şekil 6. Motor Yüğüne Bağlı Olarak Farklı Karışım Yakıtları İçin CO Emisyonunun Değişimi

En düşük CO emisyonu 10 Nm'de M50 yakıtından elde edilmiştir. M5, M10, M20 ve M50 yakıtlarında CO emisyonunun benzine göre azalma miktarları sırasıyla %26,92; %37,89; %49,13 ve

%55,79 olarak belirlenmiştir. CO emisyonunun azalmasının sebebi, metanolün benzin yakıtına göre daha az C'dan oluşması ve yapısında O₂ bulundurmasıdır. Silindir içerisindeki yakıt enjeksiyonunun zengin olduğu bölgelerde metanolün yapısındaki O₂ ve O₂/yakıt oranını artırarak yanmanın tam olarak gerçekleşmesi sağlanmaktadır [17-18].

4.Sonuç

İçten yanmalı motorlarda, yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarını minimum düzeye indirme çabaları ve özellikle dünyadaki fosil yakıt rezervlerinin tükeniyor olması alternatif yakıtlar üzerine yapılan çalışmaların başlangıç noktasını oluşturur. Bu çalışmada, tek silindirli bir benzin motorunda, çok fazla değişiklikler yapılmadan, 2000 d/d'da sabit, farklı oranlarda (M0, M5, M10, M20 ve M50) yakıtlar kullanılarak, egzoz emisyonları ve motor performans üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneyler motorun silindir kapağının taşlanmasıyla, yanma odası hacmini artırarak ya da azaltarak sıkıştırma oranının değiştirilmesiyle yapılmıştır.

Deney sonuçlarına göre, karışımdaki metanol oranı arttıkça özgül yakıt tüketimi ve HC, CO emisyon değerleri artarken, efektif verim, NO_x ve CO₂ emisyon değerlerinde azalma görülmüştür. Sıkıştırma oranı arttıkça da efektif verim, ve NO_x emisyonu artarken, özgül yakıt tüketimi ve HC, CO₂, CO emisyon değerleri azalmıştır. Bu sonuçları oluşturan etkiler ise sırasıyla;

- 1- ÖYT, metanolün içeriğinde oksijen bulundurması sonucunda ısıl değerinin daha düşük olması nedeniyle artmıştır.
- 2- Efektif verim, özgül yakıt tüketimi ile ters oranda gerçekleşeceğinden karışımdaki metanol oranı arttıkça efektif verim azalmış, sıkıştırma oranı arttıkça efektif verim artmıştır.
- 3- NO_x emisyonu, karışımdaki metanolün adyabatik alev sıcaklığının düşük olması sebebiyle karışım içerisindeki metanol oranının artmasıyla NO_x miktarı azalmıştır.
- 4- HC emisyonu, karışımdaki metanol içerisinde karbon miktarının düşük olması ve yanma kalitesinin iyileşmesinden dolayı azalmıştır.
- 5- CO emisyonu, metanol-benzin karışımındaki metanolün daha az karbon ve yapısında oksijen bulundurması sonucu azalmıştır

Alternatif yakıtlara olan ihtiyaç günden güne artmaktadır. Metanol bitkisel kökenli yakıtlardan elde edilmesiyle ve Türkiye'nin de bir tarım ülkesi olması sebebiyle oldukça önemlidir. Başta ABD olmak üzere diğer ülkeler metanol üretimini destekleyerek, dış ülkelere yaptıkları ihracat ile ülke ekonomisini önemli bir gelir kaynağı oluşturmaktadır. Ülkemizde de metanol üretiminin ülke çıkarları açısından, devlet tarafından desteklenmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

Teşekkür: Bu çalışma Marmara Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Biriminin (BAPKO) FEN-C-YLP 191212-0353 (Proje Adı: Alkol Benzin Karışımlarında Çalışma Parametrelerinin Performans ve Emisyonlara Etkisinin İncelenmesi) numaralı projesi ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] İçingür, Y., Yamık, H., (2003). Metil ve Etil Esterlerin Dizel Yakıtı Olarak Kullanılma İmkanlarının Deneysel Olarak Araştırılması. Politeknik Dergisi, 459-464.
- [2] Yüksel, F., Yüksel, B. (2004). The Use of Ethanol-Gasoline Blend as a Fuel in an SI Engine. Renewable Energy, 29, 1181-1191.
- [3] Bayraktar, H. (2005). Experimental and Theoretical Investigation of Using Gasoline-Ethanol Blends in Spark-Ignition Engines. Renewable Energy, 30, 1733-1747.
- [4] Abu-Zaid, M., Badran, O., Yamin, J., (2004). Effect of Methanol Addition on the Performance of Spark Ignition Engines. Energy Fuels, 312-315.
- [5] Al-Dawood, A.M. (1998). Effect of Blending MTBE, Methanol, or Ethanol with Gasoline on Performance and Exhaust Emissions of SI engines, Master of Science in Mechanical Engineering, King Fahd University of Petroleum&Minerals, Dhahran, SAUDI ARABIA, UMI Number: 1398014.

-
- [6] Bilgin, A., Sezer, İ., (2008). Effects of Methanol Addition to Gasoline Performance and Fuel Cost of a Spark Ignition Engine. Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey, Energy Fuels, 22 (4), 2782-2788.
- [7] Çanakçı, M., Özsezen, A.N., Alptekin, E., Eyidoğan, M. (2012). Impact of Alcohol-Gasoline Fuel Blends on the Exhaust Emission of an SI. Renewable Energy 52, 111-117.
- [8] Borat, O., Sürmen, A., Balcı, M. (1992). İçten Yanmalı Motorlar, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi vakfı yayınları, Ankara.
- [9] Sayın, C., Çanakçı, M., Kılıçaslan, İ., Özsezen, N. (2005). Çift Yakıt (Benzin+LPG) Kullanımının Motor Performansı ve Emisyonlar Üzerine Etkisinin Deneysel Analizi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 20, Sayı 4, 483-491.
- [10] Richard, L., Bechtold P.E. (1997). Alternative Fuels Guidebook. Society of Automotive Engineers, Inc. Warrendale, PA, USA.
- [11] Salman, M.S. (1996) Buji Ateşlemeli Motorlarda Yanma Hızının Performansa Etkileri, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- [12] Wu, C.W., Chen R.H., Pu, J.Y., Lin, T.H., (2004). The Influence of Air-Fuel Ratio on Engine Performance and Pollutant Emission of An SI Engine Using Ethanol-Gasoline Blended Fuels. Atmospheric Environment, 38 (40 SPEC.ISS.), 7093-7100.
- [13] Kodah, Z., Soliman, S. (2000) Combustion in a Spark Ignition Engine. Applied Energy, 66. 237-250.
- [14] Soruşbay, C. (1999) İçten Yanmalı Motorlarda Egzoz Gazları Emisyonları. İTÜ Makine Fakültesi Ders Notları, İstanbul.
- [15] Heywood, J.B. (1988). Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill Book Co., USA.
- [16] Ergeneman, M., Kutlar, A., Mutlu, M., Arslan, H. (1998) Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirlenmeler, Birsen Yayınevi, İstanbul, Türkiye.
- [17] Ajav, E.A., Akingbehin, O.A. (2002). A Study of Some Fuel Properties of Local Ethanol Blended with Diesel Fuel. Ibadan University Technology Faculty, Nijerya.
- [18] Eyidoğan, M. (2008). Etanol-Benzin ve Metanol-Benzin Karışımlarının Buji Ateşlemeli Bir Motorun Yanma Karakteristiği ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye, 26-27.