



Propanol-Metanol Kullanılan Benzinli Motora Ait Egzoz Emisyon Karakteristikleri

Exhaust Emission Characteristics of Gasoline Engine Fuelled Propane-Methanol

İbrahim Aslan Reşitoğlu^{1*} , Ali Keskin² 

¹Mersin Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Otomotiv Teknolojisi, Mersin, Türkiye

²Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği, Adana, Türkiye

Öz

Yapılan bu çalışmada, kurşunsuz benzine eklenen propanol-metanol karışımlarının, emisyon parametrelerine etkileri incelenmiştir. Deneylerde karışım eklenmeyen benzin (B), hacimsel olarak %3 propanol ve %3 metanol içeren propanol-metanol-benzin karışımı (P3M3) ve yine hacimsel olarak %5 propanol ve %5 metanol içeren propanol-metanol-benzin karışımı (P5M5) kullanılmıştır. Benzin ve karışımlar tek silindirli dört zamanlı buji ateşlemeli bir motorda 800, 1600 ve 2400 Watt olmak üzere üç farklı motor yüklemesiyle test edilmiştir. Yakıt karışımlarının karbon monoksit (CO), karbondioksit (CO₂), hidrokarbon (HC), oksijen (O₂) ve nitrojen oksit (NO_x) emisyonları üzerindeki etkisi irdelenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, benzin içindeki propanol-metanol oranının artmasıyla, CO ve HC emisyonlarında önemli ölçüde azalma sağlandığı belirlenmiştir. Bununla beraber, propanol-metanol oranının artması, egzoz gazı içeriğinde bulunan O₂ değerinde artışa neden olmuştur. Benzin içinde propanol-metanol karışımı kullanılmasının NO_x ve CO₂ emisyonlarında belirgin bir değişime yol açmadığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Benzinli motor, Emisyon, Metanol, Propanol

Abstract

In this study, Exhaust emission parameters of propane-methanol blends doped in unleaded gasoline were examined. In experiments, pure gasoline (B), propane-methane-gasoline blends had volumetrically 3% propane-3% methanol (P3M3) and 5% propane-5% methanol (P5M5) were used. Gasoline and blends were tested with a single cylinder, four stroke, spark ignition engine at three engine loads (800, 1600 and 2400 Watt). The effects of blends on carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), hydrocarbon (HC), oxygen (O₂) and nitrogen oxides (NO_x) were addressed. In conclusion, CO and HC emissions were decreased significantly with the increase in propane-methanol rate in blends. In addition, O₂ concretion in exhaust was increased with propane-methanol. The use of propane-methanol in gasoline did not cause a significant change in NO_x and CO₂ emissions.

Keywords: Gasoline engine, Emission, Methanol, Propane

1. Giriş

Günümüzde sanayileşmedeki eğilim, dünyadaki hava kirliliğinin en önemli sebeplerinden bir tanesidir. Oluşan bu hava kirliliği doğal yaşamı, habitat ve canlı popülasyonlarını çok ciddi şekilde tehdit etmektedir. Ayrıca hava kirliliği solunum, sinir sistemleri ve cildi olumsuz olarak etkilemektedir (Shadid ve Jamal 2008). Bu sebeple hava kirliliğini azaltmak adına yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının kullanımı ve verimlilik konusu önemini günden güne artırmaktadır.

Hava kirliliğinin önemli bir bölümünü, ulaşım araçlarından çıkan atık gazlar oluşturmaktadır. Bu yüzden, hava kirliliğine sebep olan, içten yanmalı motorlardan atılan egzoz emisyonlarını azaltmak adına son yıllarda çalışmalara ağırlık verilmiştir. Motor hacimlerinin küçültmesi, yanma özelliklerinin iyileştirilmesi ve alternatif yakıt denemeleri, bu çalışmalara örnek verilebilir. Alkollerin katkı maddesi olarak ya da doğrudan yakıt olarak kullanılması da bu çalışmalardan biridir. Alkollerin alternatif yakıt olarak kullanılması çalışmaları çok eskiye dayanmaktadır. Ancak yüksek maliyetlerinden dolayı yakıt olarak kullanımları yaygınlaşmamıştır. Fakat artan petrol fiyatları ve çevresel kaygılardan dolayı alkollerin alternatif yakıt olarak kullanılmaları son yıllarda tekrar yoğun olarak araştırılmaktadır (Lee vd. 2014, Keskin 2010, Karaosmanoğlu 1998).

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: aslanresitoglu@gmail.com

İbrahim Aslan Reşitoğlu  orcid.org/0000-0003-0988-3893

Ali Keskin  orcid.org/0000-0002-1089-3952

Ülkelerin kendi öz kaynaklarıyla üretilen alkollerin alternatif yakıt olarak kullanılmasıyla, dış kaynaklı yakıt olan ihtiyaç ve dolayısıyla dış ticaret açığı azalmakta, kırsal kesimlerde yeni iş imkânları sağlanabilmektedir. Ayrıca hava kirliliği ve karbon monoksit oluşumunu azalmaktadır. Benzinli motorlarda alkollerin alternatif yakıt olarak kullanılmaları ABD, AB, Brezilya, Avustralya ve Çin gibi pek çok hükümet tarafından desteklenmektedir (Szklo vd. 2007).

Benzinden yüksek oktan sayısına sahip olan alkollerin benzin içerisinde katkı maddesi olarak kullanılması yakıt ve yanma özelliklerini iyileştirmektedir. Yüksek oktan sayısına sahip bir alkol katkılı yakıt, vuruntu olmaksızın yüksek sıkıştırma oranları ile yanma sağlamaktadır. Böylelikle alkol kullanımı motordaki verimi ve gücü artırmaktadır (Agarwal 2007, Wu vd. 2004, Yücesu vd. 2007). Alkollerin kendiliğinden tutuşma ve parlama sıcaklıklarının yüksek olması depolama ve taşıma açısından alkoller benzinden daha güvenli yapmaktadır. Alkollerin moleküler yapılarında oksijen atomu barındırmaları daha temiz yanmalarını ve yanmaları sonucu daha az CO, HC ve NO_x açığa çıkmasını sağlamaktadır (Topgül vd. 2006, Çelik 2008, Al-Hasan 2003). NO_x emisyonlarının azalması düşük yanma sıcaklığı ile ilişkilidir. Alkollerin düşük yanma sıcaklıkları ve yüksek buharlaşma sıcaklıkları da NO_x emisyonu değerlerinin düşmesini sağlamaktadır. Alternatif yakıt olarak veya yanma işleminin ve oktan sayısı iyileştirilmesi için katkı maddesi olarak alkollerin kullanımı adına literatürde çok sayıda çalışma mevcuttur. Topgül vd. (2006) sıkıştırma oranının motor performansı ve emisyon değerleri üzerindeki etkisini farklı etanol-benzin karışımları (E10, E20, E40 ve E60) kullanarak araştırmışlardır. Bulgularında E40 ve E60 etanol-benzin karışımlarının HC ve CO emisyonlarını azaltmada önemli etkilerinin olduğunu paylaşmışlardır. Wu vd. (2004) etanol-benzin karışımlarını, hava-yakıt eşdeğerlik oranını değiştirerek incelemişlerdir. Çalışmaları ile tork değerlerinde az miktarda, CO ve HC emisyonlarında ise dikkate değer bir iyileşme gözlemlemişlerdir. Lui vd. (2015) yaptıkları çalışmada çift yakıt enjeksiyonlu motorda alkol ve benzini yanma odasına farklı bölgelerden enjekte ederek yanmasını sağlamışlar ve motor performansı ile emisyon değerlerini incelemişlerdir.

Metil alkol, etil alkol, butanol ve pentanol gibi alkoller ve karışımları farklı araştırmacılar tarafından alternatif yakıt ve katkı maddesi olarak araştırılmıştır (Prasad vd. 2007, Liu vd. 2016, Fournier vd. 2016, Li vd. 2016, Elfakhany 2015, Imran vd. 2013).

Bu çalışmada ise, farklı hacimsel oranlardaki propanol ve metanol karışımlarının kurşunsuz benzin içinde katkı mad-

desi olarak kullanılması sonucu ortaya çıkan emisyon değerleri incelenmiştir. Motor testleri tek silindirik dört zamanlı buji ateşlemeli motor kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2. Gereç ve Yöntem

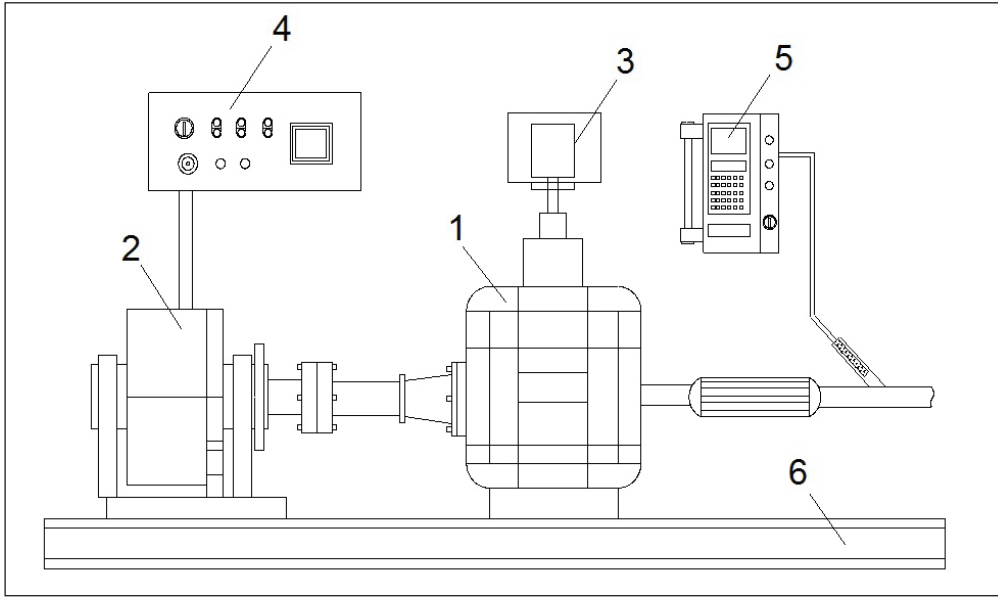
Alkollerin yakıt içerisine eklenme oranları egzoz emisyonları üzerinde farklı etkiler yaratmaktadır. Yakıt içerisindeki alkol oranının düşük değerlerde (%3-5) olması egzoz emisyonlarını iyileştirici etki yaratırken, yüksek oranlarda olması özellikle CO ve HC emisyonlarında artışa yol açabilmektedir (Fournier vd. 2016). Bu deneysel çalışmada kurşunsuz benzin ile hacimsel olarak sırasıyla %3 propanol-% 3 metanol (P3M3) ve %5 propanol-% 5 metanol (P5M5) içeren iki farklı karışım incelenmiştir. Kullanılan propanol ve metanol %99.9 saflıktadır. Homojen karışımların elde edilmesi için propanal, metanol ve benzin karışımları 30 dakika boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır.

Test motorundaki yüklemeler üç fazlı jeneratör yardımıyla yapılmıştır. Bütün yakıtlar üç farklı yük durumunda (800 Watt, 1600 Watt ve 2400 Watt) test edilmiştir. Test motorunun özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Yakıtlar test edilmeden önce, test motoru, çalışma sıcaklığına ulaşana kadar 15 dakika boyunca kurşunsuz benzin ile çalıştırılmıştır. Deneyler süresince sıcaklığın stabilizasyonu kontrol edilmiştir. Bütün testler her bir yakıt ve yük durumu için üç kez tekrarlanmış ve sonuçların ortalama değerleri hesaplanmıştır. Deney düzeneğinin şematik gösterimi Şekil 1. de verilmiştir.

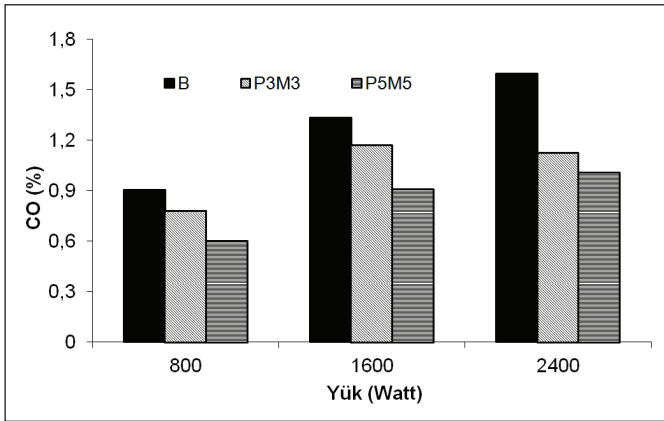
Yakıtlar motorda yandığında ortaya çıkan CO, NO_x, HC, O₂, CO₂ emisyon değerleri Testo Gaz Analiz cihazı ile belirlenmiştir. Testo Gas Analiz cihazının ölçüm hassaslığı, HC emisyonları için ±1 ppm, CO emisyonları için %0.001, CO₂ emisyonları için %0.1, O₂ değerleri için 0.01% ve NO_x emisyonları için ±1 ppm'dir. Test cihazının ölçüm kapasitesi ise HC emisyonları için 0-20000 ppm, CO₂ emisyonları için

Çizelge 1. Test motorunun özellikleri

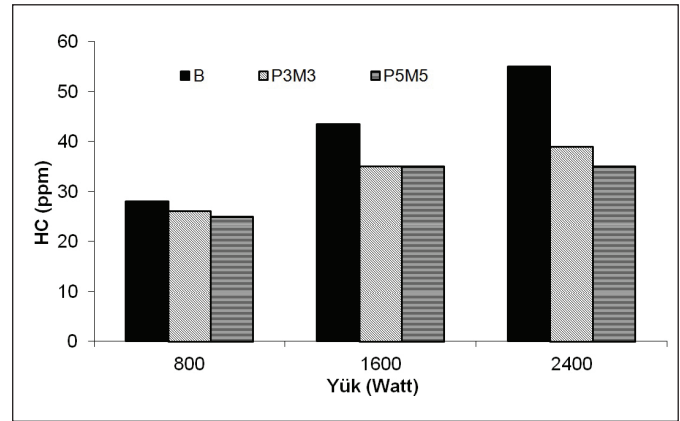
Üretici ve Model	Lombardini IM 359
Silindir Sayısı	1
Süpürme Hacmi	349 cm ³
Silindir Çapı	82 mm
Strok	66 mm
Sıkıştırma Oranı	8.6:1
Maximum Tork	10.6 Nm
Maximum Güç	7kW - 3000 rpm
Soğutma	Hava soğutmalı



Şekil 1. Deney düzeneği: 1. Test motoru; 2. Üç fazlı jeneratör; 3. Yakıt ölçer; 4. Yükleme kontrol paneli; 5. Gaz analiz cihazı; 6. Test standı.



Şekil 2. CO emisyon değerlerinin farklı yük ve yakıtlara göre değişim grafiği.



Şekil 3. HC emisyon değerlerinin farklı yük ve yakıtlara göre değişim grafiği.

%0-20, CO emisyonları için %0-15 ppm, O₂ değerleri için %0-21.7 ve NO_x emisyonları için 0-5000 ppm'dir.

3. Bulgular

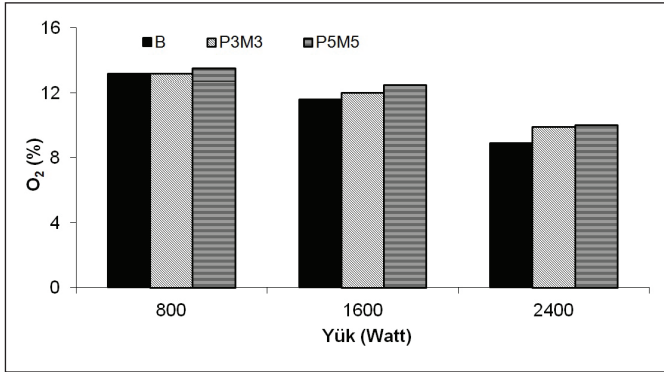
Şekil 2'de deneyler sonucu elde edilen karbonmonoksit (CO) emisyon değerlerinin grafiksel gösterimi verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde propanol-metanol oranlarının artmasıyla CO emisyonlarında önemli miktarda düşüş gözlemlenmiştir. Üç yakıt için de motora yapılan yüklemenin artmasıyla beraber daha fazla CO gazı açığa çıkmıştır. Ancak emisyonlardaki azalış oranlarının yük durumlarına göre değişimi kıyaslandığında hem P3M3 hem de P5M5 karışımlarında benzine göre yükleme miktarı arttıkça emisyondaki azalma oranı artmıştır.

P3M3 karışımı için alkol katkısız benzine kıyasla 800, 1600, 2400 Watt yükleri için sırasıyla %14, %12.5 ve %30 oranlarında CO emisyonunda azalma kaydedilmiştir. P5M5 karışımı için ise alkol katkısız benzine kıyasla 800, 1600, 2400 Watt yükleri için sırasıyla %33, %32 ve %37 oranlarında düşüş gözlemlenmiştir.

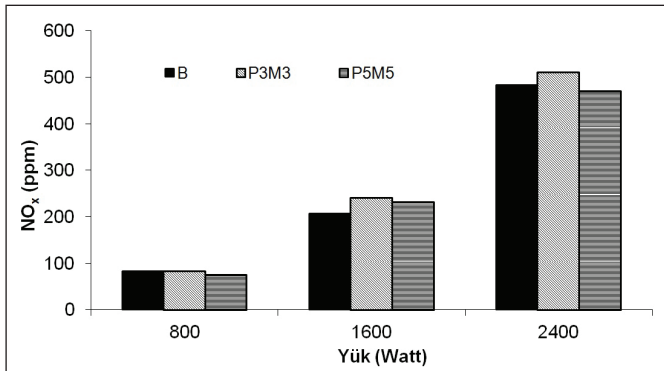
Şekil 3'de deneylerde elde edilen hidrokarbon (HC) emisyon değerlerinin grafiksel gösterimi verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde propanol-metanol oranlarının artmasıyla beraber HC emisyonlarında önemli ölçüde azalma görülmektedir. Üç yakıt içinde motora yapılan yüklemenin artmasıyla beraber daha fazla HC gazı açığa çıkmıştır. Fakat emisyonlardaki azalış oranlarının yük durumlarına göre değişimi karşılaştırıldığı zaman hem P3M3 hem de P5M5

karışımlarında benzine göre yükleme miktarı arttıkça emisyonundaki azalma oranı artmıştır. P3M3 karışımı için alkol katkısız benzine kıyasla 800, 1600, 2400 Watt yükleri için sırasıyla %7, %20 ve %29 oranlarında HC emisyonunda azalma gözlemlenmiştir. P5M5 karışımı için ise alkol katkısız benzine kıyasla 800, 1600, 2400 Watt yükleri için sırasıyla %11, %20 ve %36 oranlarında düşüş belirlenmiştir.

Şekil 4'te deneylerde elde edilen oksijen (O_2) değerlerinin grafiksel gösterimi verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde bütün yük durumlarında propanol-metanol karışımının hacimsel olarak artmasına bağlı olarak O_2 değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Ancak artış oranlarının yük durumlarına kıyasla değişimine bakılarak motora yapılan yüklemenin artmasıyla O_2 değerlerindeki artış oranında artmaktadır. P3M3 karışımı için alkol katkısız benzine kıyasla 800, 1600, 2400 Watt yükleri için sırasıyla %0.4, %3.5 ve %11 oranlarında O_2 değerlerinde artış belirlenmiştir. P5M5 karışımı için ise alkol katkısız benzine kıyasla 800, 1600, 2400 Watt yükleri için sırasıyla %2.7, %7.8 ve %12.4 oranlarında



Şekil 4. O_2 emisyon değerlerinin farklı yük ve yakıtlara göre değişim grafiği.

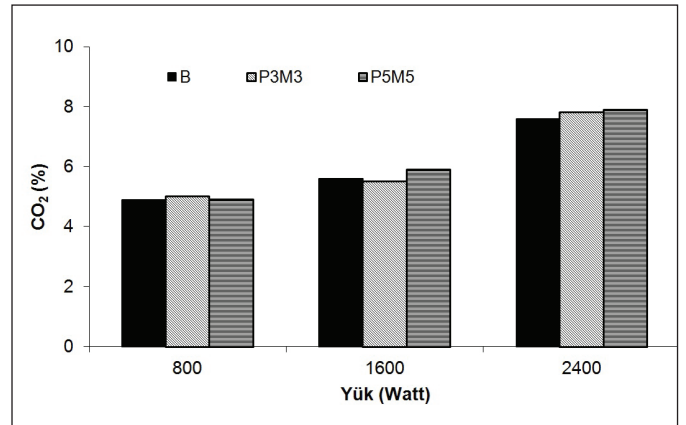


Şekil 5. NO_x emisyon değerlerinin farklı yük ve yakıtlara göre değişim grafiği.

artış görülmüştür. Fosil kökenli yakıtların aksine alkollerin bileşiminde oksijen bulunması silindir içeriğindeki oksijen miktarını arttırmaktadır. Bu yanma verimini iyileştirmekte ve aynı zamanda egzoz gazı içeriğindeki O_2 değerini de yükseltebilmektedir.

Şekil 5'te deneylerde elde edilen azot oksit (NO_x) emisyon değerlerinin grafiksel gösterimi verilmiştir. Elde edilen grafik incelendiğinde, propanol-metanol karışımının hacimsel olarak artmasıyla NO_x emisyonlarında önemli bir değişim gözlemlenmemiştir. Benzinli motorlar dizel motorlarla kıyaslandığında yanmanın kontrollü gerçekleşmesi, hava fazlalık katsayıları ve yanma sonu sıcaklıklarının düşük olmasından dolayı düşük oranlarda NO_x emisyonu oluşturmaktadır. Zira NO_x emisyonunu etkileyen temel faktörler yüksek yanma sonu sıcaklıkları ve oksijen içeriğidir. Alkol kullanımı yanma odasındaki O_2 içeriğini arttırırken yanma sonu sıcaklıklarını benzine göre düşürmektedir (Topgül vd. 2006). Bu sebeple NO_x içeriğinde önemli bir değişim gerçekleşmemiştir.

Şekil 6'da deneylerde elde edilen CO_2 emisyon değerlerinin grafiksel gösterimi verilmiştir. P3M3 karışımının kullanıldığı deneylerde CO_2 emisyon değerinde önemli bir artış yada azalma olmamıştır. P5M5 karışımı kullanılan deneylerde ise, özellikle yüklemenin artmasıyla, CO_2 değerlerinde düşük oranlarda artış kaydedilmiştir. P5M5 karışımı için ise alkol katkısız benzine kıyasla 1600 ve 2400 Watt yükleri için sırasıyla %5.4 ve %4 oranlarında artış görülmüştür. Kirlenici (CO , HC , NO_x) emisyonlarla kıyaslandığında egzoz gazı içeriğindeki CO_2 değeri oldukça yüksektir. Bu nedenden ötürü CO_2 emisyonundaki değişimler CO veya HC emisyonların ki kadar yüksek değerlerde elde edilmemiştir. Egzoz gazı içeriğindeki CO ve HC değerlerinin düşük



Şekil 6. CO_2 Emisyon değerlerinin farklı yük ve yakıtlara göre değişim grafiği.

değerde olmasından dolayı bu emisyonlardaki değişimler egzoz gazı içeriğindeki CO₂ miktarına çok az oranda etki etmektedir.

Egzoz emisyonlarında elde edilen değerler diğer çalışmalarda benzerlik göstermektedir. CO, HC, O₂, NO_x ve CO₂ değerlerindeki değişimlerle ilgili benzer sonuçlar Yusoff vd. (2017), Topgül vd. (2006), Fournier vd. (2016) ve Elfasakhany vd. (2015) çalışmalarında da gözlemlenmiştir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, propanol ve metanol karışımlarının, buji ateşlemeli motorlarda yakıt katkı maddesi olarak kullanımının egzoz emisyonları üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Tek silindirli ve hava soğutmalı buji ateşlemeli motorda gerçekleştirilen testler sonucunda, propanol ve metanol kullanımı CO ve HC emisyonlarında önemli miktarlarda düşüşe yol açmıştır. 2400 W yükte, CO ve HC emisyonları için sırasıyla %30 ve %29 oranında azalma belirlenmiştir. Alkol kullanımı, egzoz gazı içeriğinde bulunan O₂ değerlerinde bir miktar artış sağlarken, NO_x ve CO₂ değerlerinde önemli derecede bir değişim gözlemlenmemiştir. Sonuç olarak benzinli motorlarda, propanol ve metanolun yakıt katkı maddesi olarak kullanımı, egzoz emisyonları üzerinde iyileştirici bir etki yaratmıştır.

5. Kaynaklar

- Agarwal, A. 2007. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Prog. energy Combust. Sci.*, 33(3):233-271.
- Al-Hasan, M. 2003. Effect of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission. *Energy Convers. Manag.*, 44:1547-1561.
- Celik, M. 2008. Experimental determination of suitable ethanol-gasoline blend rate at high compression ratio for gasoline engine. *Appl. Therm. Eng.*, 28:396-404.
- Elfasakhany, A. 2015. Investigations on the effects of ethanol-methanol-gasoline blends in a spark-ignition engine: Performance and emissions analysis. *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, 18:713-719.
- Fournier, S., Simon, G., Seers, P. 2016. Evaluation of low concentrations of ethanol, butanol, BE, and ABE blended with gasoline in a direct-injection, spark-ignition engine. *Fuel*, 181: 396-407.
- Imran, A., Varman, M., Masjuki, HH., Kalam, MA. 2013. Review on alcohol fumigation on diesel engine: A viable alternative dual fuel technology for satisfactory engine performance and reduction of environment concerning emission. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 26: 739-751.
- Karaosmanoğlu, F. 1998. Alcohol fuel research in Turkey. *Energy Sources*, 20:955-960.
- Keskin, A. 2010. The influence of ethanol-gasoline blends on spark ignition engine vibration characteristics and noise emissions. *Energy Sources, Part A Recover. Util.*, 32:1851-1860.
- Lee, S., Speight, J., Loyalka, S. 2014. Handbook of alternative fuel technologies. Taylor&Francis Group, London.
- Li, Y., Meng, L., Nithyanandan, K., Lee, TH., Lin, Y., Lee, CF., Liao, S. 2016. Combustion, performance and emissions characteristics of a spark-ignition engine fueled with isopropanol-n-butanol-ethanol and gasoline blends. *Fuel*, 184:864-872.
- Liu, H., Wang, Z., Long, Y., Xiang, S., Wang, J., Fatouraie, M. 2015. Comparative study on alcohol-gasoline and gasoline-alcohol Dual-Fuel Spark Ignition (DFSI) combustion for engine particle number (PN) reduction. *Fuel*, 159: 250-258.
- Liu, X., Wang, H., Zheng, Z., Liu, J., Reitz, R.D., Yao, M. 2016. Development of a combined reduced primary reference fuel-alcohols (methanol/ethanol/propanols/butanols/n-pentanol) mechanism for engine applications. *Energy*, 114:542-558.
- Prasad, S., Singh, A., Joshi, H. 2007. Ethanol as an alternative fuel from agricultural, industrial and urban residues. *Resour. Conserv. Recycl.*, 50:1-39.
- Shahid, EM., Jamal, Y. 2008. A review of biodiesel as vehicular fuel. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 12(9):2484-2494.
- Szklo, A., Schaeffer, R., Delgado, F. 2007. Can one say ethanol is a real threat to gasoline?. *Energy Policy*, 35(11):5411-5421.
- Topgül, T., Yücesu, H., Cinar, C., Koca, A. 2006. The effects of ethanol-unleaded gasoline blends and ignition timing on engine performance and exhaust emissions. *Renew. energy*, 31:2534-2542.
- Wu, C., Chen, R., Pu, J., Lin, T. 2004. The influence of air-fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline-blended fuels. *Atmos. Environ.*, 38(40):7093-7100.
- Yusoff, MNAM., Zulkifli, NWM., Masjuki, HH. 2017. Performance and emission characteristics of a spark ignition engine fuelled with butanol isomer-gasoline blends. *Transportation Research Part D*, 57:23-38.
- Yücesu, H., Sozen, A., Topgül, T., Arcaklioğlu, E. 2007. Comparative study of mathematical and experimental analysis of spark ignition engine performance used ethanol-gasoline blend fuel. *Appl. Therm.*, 27:358-368.