

Kanola Yağı Metil Esteri ve Dizel Yakıt Karışımlarının Tek Silindirli Dizel Bir Motorun Performans ve Gürültü Emisyonlarına Etkisi

Suat SARIDEMİR¹, Mehmet TEKİN²

¹ Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü

² Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tokat Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu

(Geliş / Received : 02.04.2015 ; Kabul / Accepted : 18.06.2015)

ÖZ

Günümüzde yaygın olarak kullanılan dizel motorlarından kaynaklanan gürültü emisyonları, canlılar üzerinde uzun ve kısa süreli olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bu çalışmada, standart dizel yakıtı ve kanola yağı metil ester karışımlarının, tek silindirli bir dizel motorun güç, tork ve gürültü emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Standart dizel yakıtına hacimsel olarak %0, %20 ve %40 oranlarında katılan kanola yağı metil ester, tam yük ve farklı devir testlerine tabi tutulmuş; motor tork ve güç değerleri ile gürültü emisyonlarının değişimi incelenmiştir. Kanola yağı metil ester ve standart dizel yakıt karışım oranı arttıkça motor gücü, torku ve gürültü emisyonlarında düşüş görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kanola yağı, biyodizel, gürültü emisyonu

Influence of Canola Oil Methyl Ester and Diesel Fuel Blends on A Single Cylinder Diesel Engine Performance and Noise Emissions

ABSTRACT

Nowadays, the noise emissions caused by the diesel engines, which is widely used, constitute the adverse effects on the living organisms for both long and short-term. In this study, the single cylinder diesel engine power, torque and noise emissions were experimentally investigated for the fuel mixture which was a canola oil methyl ester with the standard diesel fuel. The torque, power values, the noise emissions were compared when canola oil methyl ester, which was mixed with the standard diesel fuel at the rate of 0%, 20%, 40%, was subjected to the full load, different speed test. It was observed that the engine torque, power and noise emissions were decreased as the rate of canola oil methyl ester increased in the the standard diesel fuel.

Keywords: Canola oil, biodiesel, noise emissions

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde dünya enerji kaynaklarının büyük çoğunluğunu oluşturan fosil yakıtların sınırlı rezervleri ve fiyatlarının sürekli artması, insanlığı olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, dünyada ve özellikle de alternatif enerji kaynaklarına sahip olan ülkelerde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Ülkemiz enerji ihtiyacının büyük bir kısmını fosil kökenli yakıtlardan karşılamakta ve önemli bir kısmı ise motorlu taşıtlarda yakıt olarak kullanılmaktadır. Petrole bağımlılığın azaltılması ve ekolojik dengelerin korunması için, mevcut enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle araştırmacılar, alternatif yakıtlar üzerinde çalışmalarını sürdürmektedirler. İçten yanmalı motorlarda kullanılacak yakıtların ucuz ve bol miktarda üretilebilmesi, yakıt özelliklerinin iyi olması, kolayca depolanabilmesi, taşınabilmesi ve

düşük düzeylerde egzoz emisyonu oluşturması istenir. Yeni, yenilenebilir ve çevre dostu yakıtlar için yapılan çalışmalarda bitkisel yağlar ön plana çıkmaktadır. Bitkisel yağlar, petrol kökenli yağlardan farklı bir kimyasal yapıya sahiptir. Bitkisel yağların en önemli özelliklerinden biri viskozitesinin yüksek olmasıdır. Yüksek viskozite, yakıtın enjektörlerden püskürtülmesini zorlaştırır ve yanma kalitesini düşürerek yanmamış hidrokarbonların miktarını artırır [1,2]. Bitkisel yağların viskozitesini düşürerek biyodizel yakıt üretiminde kullanılan en yaygın yöntemlerin biri, transesterifikasyon yöntemidir. Transesterifikasyon, bitkisel yağın küçük molekül ağırlıklı alkolle bir katalizör eşliğinde, gliserin ve yağ asidi oluşturmak üzere reaksiyona girmesidir. Transesterifikasyon reaksiyonunda yağ, monohidrik bir alkolle (etanol, metanol), katalizör (asidik, bazik katalizörler ile enzimler) varlığında ana ürün olarak yağ asidi esterleri ve gliserin vererek esterleşir [3-5]. Çeşitli bitkisel, hayvansal ve evsel atık yağlardan transesterifikasyon

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: suatsaridemir@duzce.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2016.19.1 53-59

yöntemi ile üretilen biyodizel yakıtlar, dizel motorları için önemli alternatif enerji kaynaklarıdır. Literatürde, çeşitli yağlardan üretilen biyodizel yakıtların motor performansına ve egzoz emisyonlarına olan etkilerinin incelendiği birçok çalışma olmasına rağmen, biyodizel yakıt karışımlarının motor gürültü emisyonlarına olan etkilerinin incelendiği az sayıda çalışma olduğu görülmüştür. Altın ve arkadaşları [6] tarafından yapılan çalışmada, enjeksiyon öncesinde ısıtılan ve enjeksiyon basıncı artırılan ayçiçeği yağı ve ayçiçeği yağı/ standart dizel yakıt karışımlarının türbülans odalı bir dizel motorun performansına olan etkileri incelenmiştir. Deney sonuçları, ayçiçeği yağı ve ayçiçeği yağı/standart dizel yakıt karışımlarının performans açısından motorine yakın olduğunu, ancak ayçiçeği yağının viskozitesinin yüksek oluşu, zamanla kuruma ve düşük sıcaklıklarda katılaşma eğilimi nedeniyle çözümlenmesi gereken akış ve atomizasyon problemleri olduğunu ortaya koymuştur. Redel-Macias ve arkadaşları [7] tarafından yapılan çalışmada, prina yağı metil esteri karışımlarının direkt enjeksiyonlu üç

Çizelge 1. Kanola yağı metil esteri ve standart dizel yakıtının özellikleri (The properties of canola oil methyl ester and standard diesel fuel)

Özellik	KYME	Standart Dizel Yakıtı
Yoğunluk (25 °C'de kg/m ³)	877	837
Kinematik Viskozite (40 °C'de mm ² /s)	4,55	3,9
Alt Isıl Değer (kJ/kg)	39760	43300
Setan Sayısı	58	54

silindirli bir dizel motorun egzoz ve gürültü emisyonlarına olan etkileri incelenmiştir. Karışım içeriğindeki prina yağı metil esteri oranı arttıkça, CO emisyonlarının azalırken NOx'in arttığı görülmüştür. Yakıt karışımındaki prina yağı metil esteri oranına bağlı olarak egzoz ve gürültü emisyonlarının azaldığı belirtilmiştir. İleri [8] tarafından yapılan çalışmada, kanola yağı metil esteri, 4 silindirli direkt püskürtmeli ve turbo şarjlı bir dizel motorunda 1750-4400 d/d arasında tam yük testine tabi tutulmuştur. Çalışmada kanola yağı metil esterinin, motor torkunu %0,63, gücünü ise %1,21 oranında düşürdüğü belirtilmiştir. Özgül yakıt tüketiminde kanola yağı metil esteri ile %11,1 artış olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca CO emisyonlarında ve duman yoğunluğunda sırasıyla %18,83 ve %58,75 oranında azalma olduğu ifade edilmiştir. Alpgiray ve Gürhan [9] tarafından yapılan çalışmada, yakıt olarak kullanılan kanola yağının tek silindirli bir dizel motorunun performans ve emisyon karakteristiklerine olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Kanola yağı metil esteri ile dizel yakıtına yakın performans değerleri elde edilmiştir. Labeckas ve Slavinskas [10] yapmış oldukları çalışmada, kanola tohumu yağından elde ettikleri biyodizeli %5, %10, %20 ve %35 oranlarında standart dizel yakıtına karıştırarak 4 silindirli bir dizel motorda test etmişlerdir. HC emisyonları tüm biyodizel karışımlarında daha düşük çıkarken, karışımındaki biyodizel oranı arttıkça

NOx emisyonları artmıştır. Biyodizel karışımları ile özgül yakıt tüketiminde de artış tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, kanola yağı metil esteri (KYME) standart dizel yakıtına hacimsel olarak %0, %20 ve %40 oranlarında karıştırılmıştır. Elde edilen yakıt karışımlarının tam yük ve farklı devirler altında, tek silindirli bir dizel motorun güç, tork değerleri ve gürültü emisyonlarına olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Standart dizel yakıt içeriğindeki KYME oranının artmasına bağlı olarak motorun güç, tork değerleri ve gürültü emisyonlarında düşüş görülmüştür.

2. MATERYAL ve METOT (MATERIAL AND METHOD)

TS EN 14214 standartlarına uygun olan kanola yağı metil esteri, standart dizel yakıtı ile hacimsel olarak %0, %20 ve %40 oranlarında karıştırılarak KYME0, KYME20 ve KYME40 yakıtları elde edilmiştir. Kanola yağı metil esteri ve standart dizel yakıtının özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir [8].

Elde edilen yakıtların, tam yükte ve farklı devirlerde (1400 d/d, 2000 d/d, 2600 d/d, 3200 d/d) tek silindirli dizel bir motorun tork, güç değerleri ve gürültü emisyonlarına olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan motor test düzeneğinde; direkt enjeksiyonlu, 4 zamanlı ve tek silindirli hava ile soğutmalı bir dizel motor ve 15 kW güç absorbe edebilen bir elektrikli dinamometre kullanılmıştır. Deney öncesi motorun yakıt pompası ve enjektör ayarları orijinal değerlere göre yapılmıştır. Deney motoruna ait teknik özellikler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Deney motorunun teknik özellikleri (The technical specifications of the test engine)

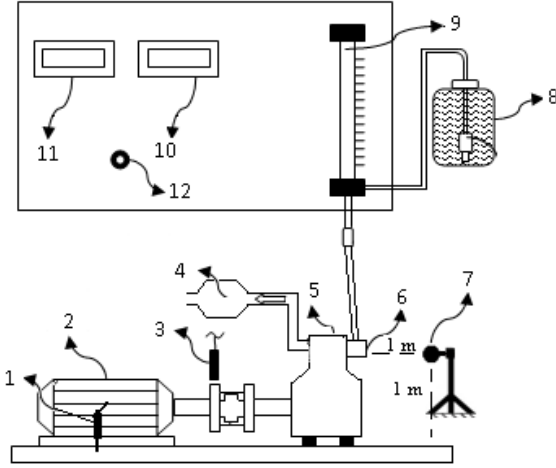
Motorun Markası ve Modeli	Antor 6LD 400
Silindir Sayısı	1
Kurs Hacmi	395 cm ³
Sıkıştırma Oranı	18:1
Soğutma Sistemi	Hava Soğutmalı
Maksimum Motor Devri	3600 d/d
Enjektör açılma basıncı	200 bar
Maksimum Motor Momenti	2200 d/d'da (21Nm)

Elektrikli dinamometreye ait teknik özellikler Çizelge 3’de ve deney düzeneğinin şematik görünümü Şekil 1’de verilmiştir.

Çizelge 3. Elektrikli dinamometreye ait teknik özellikleri (The technical specifications of the electrical dynamometer)

Markası	Kemsan
Maksimum frenleme gücü	15 kW
Maksimum Devir	6000 d/d
Yük hücresi modeli	Esit STCS 50 model (S tipi)
Yük hücresi kapasitesi	50 kg
Elektrik ihtiyacı	220/380 V. 50 Hz.
Dönüş yönü	Sağa dönüş

Deney düzeneği, motor devrini ve dinamometreye etki eden kuvveti görüntüleyen dijital göstergeler, 100 ml kapasiteli yakıt tüketimi ölçme büreti ve kontrol panelinden oluşmaktadır.



1. Yük sensörü (Load cell) 2. Elektrikli dinamometre 3. Hız sensörü 4. Egzoz 5. Dizel motor 6. Yakıt pompası 7. Gürültü ölçüm cihazı 8. Yakıt kabı 9. Yakıt ölçüm büreti 10. Hız göstergesi 11. Tork göstergesi 12. Yükleme anahtarı

Şekil 1. Deney düzeneğinin şematik görünümü (Schematic view of the experimental setup)

Deneyler 10 °C ortam sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Deneylere başlamadan önce motor 10-15 dakika kadar çalıştırılarak, motor uygun çalışma sıcaklığına getirilmiştir. Tüm deneyler motor yağ sıcaklığı 50 °C’ye ulaşınca aynı şartlar altında yapılmıştır. Her bir deney aynı şartlar altında 3 kere tekrarlanarak, elde edilen

verilerin ortalaması alınmıştır. Gürültü ölçümü için, Svantek 104 model bir gürültü ölçüm cihazı (dozimetre) kullanılmıştır. Gürültü ölçüm cihazına ait teknik özellikler Çizelge 4’te verilmiştir. Gürültü ölçümü için cihaz, ISO 362-1:2007 standardına uygun olarak motor bloğundan 1 m uzaklığa yerleştirilmiştir [11]. Deneyler öncelikle standart dizel yakıtı, daha sonra KYME20 ve KYME40 yakıtları ile yapılmıştır.

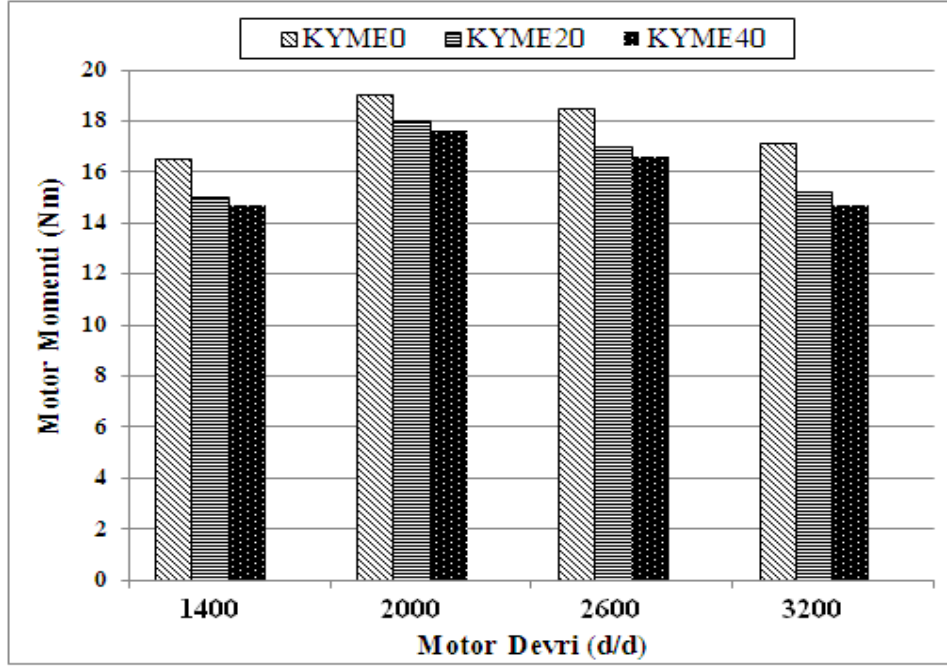
Çizelge 4. Gürültü ölçüm cihazı teknik özellikleri (The technical specifications of the noise measuring device)

Markası	Svantek SV 104
Filtreler	A, C ve Z
Zaman sabitleri	Yavaş, Hızlı, Impulse
Ölçüm aralığı	55 dBA RMS ÷ 140.1 dBA Pik
Frekans aralığı	30 Hz ÷ 8 kHz
Dinamik aralık	95 dB
Hafıza	8 GB

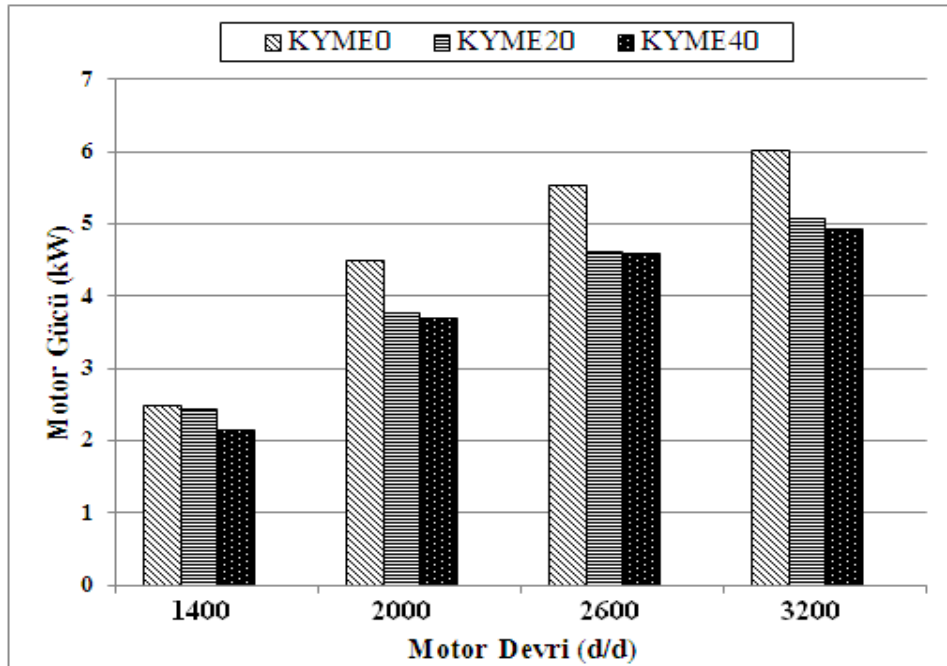
3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA (EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. Motor Tork ve Güç Değerlerinin Değişimleri (Variation of Engine Torque and Power)

Motor devri ve yakıt cinsine bağlı olarak motor moment değişimi Şekil 2’de, güç değişimi ise Şekil 3’de verilmiştir. En yüksek moment ve güç değerlerine standart dizel yakıtı ile ulaşılmıştır. Yakıt karışımlarındaki KYME oranına bağlı olarak motor tork ve güç değerleri azalmaktadır. Bunun temel nedeni, KYME’nin alt ısıl değerinin standart dizel yakıtın alt ısıl değerinden daha düşük olmasıdır. Bu nedenle yakıt karışımlarının alt ısıl değerleri, içeriğindeki KYME oranına bağlı olarak düşerek yanma sonu açığa çıkan enerjiyi düşürmektedir. Bir diğer sebep ise, KYME’nin yoğunluk ve viskozitesinin standart dizel yakıtından yüksek olmasıdır. Yüksek yoğunluk ve viskozite, KYME içerikli yakıtların silindir içerisindeki atomizasyonunu olumsuz yönde etkileyerek yanmayı kötüleştirir. Bu nedenlere bağlı olarak motor moment ve gücü, yakıt karışımlarındaki KYME oranına bağlı olarak düşmüştür [12-14].



Şekil 2. KYME ile standart dizel yakıtı karışımlarının motor torkuna etkisi
(The effect of standard diesel fuel mixture with COME to engine torque)



Şekil 3. KYME ile standart dizel yakıtı karışımlarının motor gücüne etkisi
(The effect of standard diesel fuel mixture with COME to engine power)

3.2. Gürültü Emisyonu Değişimleri (Variation of Noise Emissions)

İçten yanmalı motorlar en önemli gürültü kaynaklarından biridir. İçten yanmalı motorlarda gürültü, silindir içerisinde oluşan basınç ve mekanik kuvvetlere bağlıdır. Dizel motorlarda yanma süreci, en önemli gürültü kaynağı olarak kabul edilebilir [15-16].

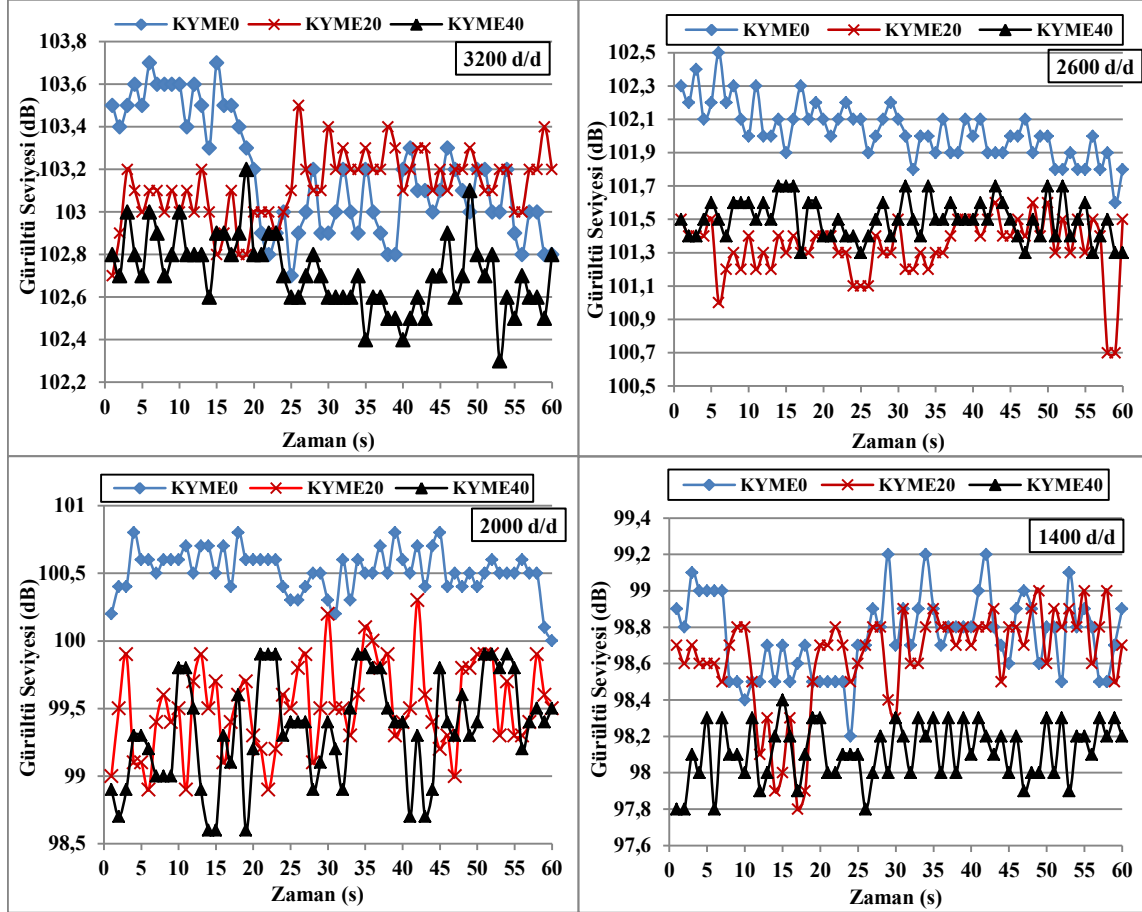
Yanma başlangıcında oluşan ani basınç artışı, yanma odası içinde gaz hareketini hızlandırır [17]. Silindir içindeki bu basınç artışı, yanma odası duvarını doğrudan etkileyerek, motor bloğunda titreşimlere neden olur. Oluşan titreşim ortamda ses oluşturur. Ayrıca yanma ile başlayan basınç gradyanı, yanma odası içindeki gazı rezonansa sokabilir. Bu salınım

yanma odası geometrisi ve gaz sıcaklığı ile kontrol edilir.

Biyodizel yakıtların kimyasal ve fiziksel özellikleri yanma verimliliğini, dolayısıyla yanma gürültüsünü etkiler. Farklı oranlardaki KYME ve standart dizel yakıt karışımlarının, tam yükte motor devrine ve zamana bağlı olarak elde edilen gürültü emisyonu değişimleri Şekil 4’de verilmiştir.

normalin üzerine çıkararak motorun vuruntulu ve gürültülü çalışmasına neden olur [19]. KYME içerikli yakıtların yüksek setan sayısına sahip olmaları, tutuşma gecikmesi süresini kısaltarak silindirde maksimum basınç artışı oranını düşürmüştür.

Yakıtların enjektörden püskürme karakteristiğini viskozite belirler. Viskozite, yakıt enjeksiyon başlangıcını ve enjeksiyon basıncını etkilemektedir.



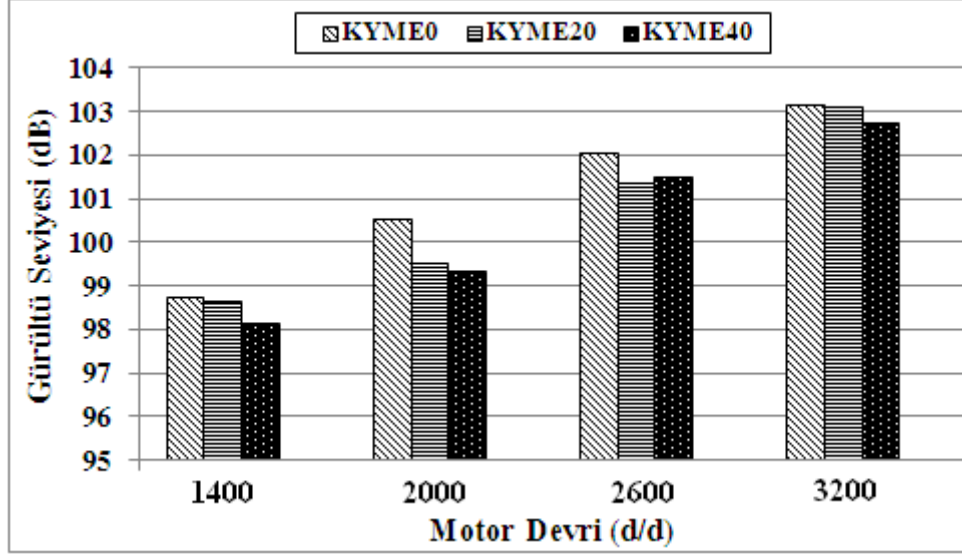
Şekil 4. Farklı motor devirleri için gürültü seviyeleri (Noise levels for different engine speeds)

Şekil 4’te görüldüğü, 3200 d/d’ye kadar KYME içerikli yakıtlar ile standart dizel yakıtı göre daha düşük gürültü seviyeleri elde edilmiştir. Yakıt karışımlarındaki KYME oranı arttıkça, gürültü seviyesi düşmektedir. 3200 d/d’de ise, ilk 20. saniyeye kadar standart dizel yakıtı ile en yüksek gürültü seviyesi elde edilmiştir. 20. saniyeden sonra ise, standart dizel yakıtı ile gürültü seviyesinin KYME20’nin altına düştüğü görülmüştür. Yanma gürültüsü seviyesi, enjeksiyon zamanlaması ve tutuşma gecikmesi gibi parametrelere bağlı olan silindir basıncı artış oranına bağlıdır [18]. Tutuşma gecikme süresinin uzun olması, yanma öncesi silindire daha fazla yakıt püskürtülmesine neden olur. Yanma öncesi silindirde yakıt birikmesi, yanma anında fazla miktardaki yakıtın aniden yanmasına neden olarak basınç artış oranının

Yüksek viskozite, yakıtın damlacık çapını artırarak atomizasyonu olumsuz yönde etkiler. Ayrıca pompanın yakıt gönderme miktarını azaltarak daha az miktardaki yakıtın yanmasına neden olur. Bu nedenle, silindir içi basıncı artış oranı ve maksimum yanma sonu basıncı düşerek yanma gürültüsü azalır. KYME içerikli yakıt karışımlarının yüksek viskozitesi, setan sayısı ile birlikte, motor gürültü emisyonlarını azaltıcı yönde etki etmektedir [18-20]. Damlacık büyüklüğü ve momentumuna bağlı olan yakıt püskürte özellikleri, karışım-nüfuz oranını, buharlaşma oranını ve ısı transfer oranını etkiler. Bu özelliklerin herhangi birinin değişmesi, difüzyonal yanma rejimine karşı farklı ön karışım sürecine neden olur. Bu nedenle ön karışım işlemi esnasında daha az miktarda yakıt yanarak maksimum silindir basıncı azalır ve yanma gürültü

seviyesi düşer. [20- 24]. Tüm bu nedenlerden dolayı karışım içeriğindeki KYME oranına bağlı olarak motor gürültü seviyesi genel anlamda düşmüştür.

Şekil 5'te KYME ile standart dizel yakıt karışımlarının ortalama gürültü emisyon değerlerine olan etkisi verilmiştir.



Şekil 5. KYME ile standart dizel yakıtı karışımlarının ortalama gürültü emisyon değerlerine etkisi (The effect of standard diesel fuel mixture with COME to average noise emission values)

Şekil 5'te görüldüğü gibi ortalama gürültü emisyon değerleri yakıt karışımlarındaki KYME oranına bağlı olarak azalmaktadır. Ayrıca, motor devrine bağlı olarak ortalama gürültü emisyon değerleri artmaktadır. Bu durum, motor devrine bağlı olarak karışımın zenginleşmesinden ve dolayısı ile yanma basıncının artmasından kaynaklanmaktadır.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Silindir içinde gaz basınç gradyanını etkileyen yakıt yanma hızının kontrolü, yanma gürültüsünün azaltılması için önemli bir etkidir. Bu çalışmada, farklı oranlardaki KYME ve standart dizel yakıt karışımlarının tek silindirli bir dizel motorun performans ve gürültü emisyonlarına olan etkisi incelenmiştir. KYME içerikli yakıtların alt ısıl değeri standart dizel yakıtın alt ısıl değerinden daha düşük, yoğunluk ve viskozitesi ise daha yüksektir. Bundan dolayı, motor torku KYME20 ile standart dizel yakıtı göre tüm devirler için ortalama olarak %12 ve KYME40 ile %16 düşmüştür. Motor gücü ise KYME20 ile %8, KYME40 ile %10 düşmüştür. KYME içerikli yakıtların yüksek setan sayısı nedeniyle tutuşma gecikmesi kısılmakta ve bu süre içerisinde buharlaşan yakıt miktarı da azalmaktadır [20,21]. Bu nedenle, yanma sonu basınç ve sıcaklığının düşmesiyle, yanma şiddetine bağlı olan motor gürültü emisyonları da azalmıştır. Sonuçta, KYME ve karışımlarının dizel motorlarda herhangi bir değişikliğe gidilmeden alternatif yakıt olarak kullanılabilirliği ve

KYME içerikli yakıtlar ile motor gürültü emisyonunun azaldığı görülmüştür.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Araştırmacılar Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinatörlüğü'ne

2013.07.04.137 nolu proje ile verdiği desteklerden dolayı teşekkür eder.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Safgönül B., Ergeneman M., Arslan E., Soruşbay C., "İçten Yanmalı Motorlar", *Birsen Yayınevi*, İstanbul, (1995).
2. Doğan O., "Atık taşıt lastiğinden üretilen pirolitik yakıtın bir dizel motorda kullanımının deneysel olarak araştırılması", *Doktora Tezi*, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2012).
3. Gürleyük S.S., Akpınar S., "Yeni Enerji Kaynakları, Biyodizel", *II. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, İzmir, 406-411, (2003).
4. Aksoy F., Bayrakçeken H., Baydır Ş.A., Yavuz H., "Kanola yağı metil esterine ön ısıtma uygulamasının motor performans ve emisyonlarına etkisi", *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1(1): 25-33, (2009)
5. Sugözü İ., Aksoy F., Baydır Ş.A., "Bir dizel motorunda ayçiçeği metil esteri kullanımının motor performans ve emisyonlarına etkisi", *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(2): 49-56, (2009)
6. Altın R., Çetinkaya S., Yücesu S., "The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines", *Energy Conversion and Management*, 42(5): 529-538, (2001)
7. Redel-Macias M.D., Pinzi S., Leiva D., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P., "Air and noise pollution of a diesel engine fueled with olive pomace oil methyl ester and petrodiesel blends", *Fuel*, 95: 615-621, (2012)
8. İleri E., "Kanola yağı metil esterinin dizel motor performansı ve emisyonlarına etkilerinin deneysel olarak

- incelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2005).
9. Alpgiray A., Gürhan R., “Kanola yağının diesel motorunun performansına ve emisyon karakteristiklerine etkilerinin belirlenmesi”, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(3): 231-239, (2007)
 10. Labeckas G., Slavinskas S., “The effect of rapeseed oil methyl ester on direct injection diesel engine performance and exhaust emission”, *Energy Conversion and Management*, 47: 1954-1967, (2006)
 11. Redel-Macías M.D., Hervás-Martínez C., Pinzi S., Gutiérrez P.A., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P., “Noise prediction of a diesel engine fueled with olive pomace oil methyl ester blended with diesel fuel”, *Fuel*, 98: 280-287, (2012)
 12. Lee S.B., Han K.H., Lee J.D., Hong I.K., “Optimum process and energy density analysis of canola oil biodiesel synthesis”, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 16: 1006-1010, (2010)
 13. Ozsezen A.N., Çanakci M., “Determination of performance and combustion characteristics of a diesel engine fueled with canola and waste palm oil methyl esters”, *Energy Conversion and Management*, 52: 108-116, (2011)
 14. Ileri E., Koçar G., “Effects of antioxidant additives on engine performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with canola oil methyl ester-diesel blend”, *Energy Conversion and Management*, 76: 145-154, (2013)
 15. Russell M.F., Haworth R., “Combustion noise from high speed direct injection diesel engines”, *SAE technical paper*, 850973, (1985)
 16. Albardar A., Gu F., Ball A.D., “Diesel engine fuel injection monitoring using acoustic measurements and independent component analysis”, *Measurement*, 43: 1376-1386, (2010)
 17. Hickling R., Feldmaier D.A., Sung S., “Knock induced resonances in open chamber diesel engines”, *Journal of the Acoustical Society of America*, 65: 1474-1479, (1979)
 18. Bayhan Y., Kilic E., Arin S., “Effect of pure biodiesel on fuel injection systems and noise level in agricultural diesel engines”, *Ama-Agric Mech Asia Africa Lat Am*, 41:78-81, (2010)
 19. Torregrosa A.J., Broatch A., Novella R., Monico L.F., “Suitability analysis of advanced diesel combustion concepts for emissions and noise control”, *Energy*, 36: 825-838, (2011)
 20. Redel-Macias M.D., Pinzi S., Ruz M.F., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P., “Biodiesel from saturated and monounsaturated fatty acid methyl esters and their influence over noise and air pollution”, *Fuel*, 97: 751-756, (2012)
 21. Bezaire N., Wadumesthrige K., Ng K.Y.S., Salley S.O., “Limitations of the use of cetane index for alternative compression ignition engine fuels”, *Fuel*, 89:3807-3813, (2010)
 22. Rakopoulos C.D., Dimaratos A.M., Giakoumis E.G., Rakopoulos D.C., “Study of turbocharged diesel engine operation, pollutant emissions and combustion noise radiation during starting with bio-diesel or n-butanol diesel fuel blends”, *Appl Energy*, 88:3905-3916, (2011)
 23. Torregrosa A.J., Broatch A., Novella R., Mo'nico L.F., “Suitability analysis of advanced diesel combustion concepts for emissions and noise control”, *Energy*, 36:825-38, (2011)
 24. Bayhan Y., Kilic E., Arin S., “Effect of pure biodiesel on fuel injection systems and noise level in agricultural diesel engines”, *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 41:78-81, (2010)