

Investigation of the Effects of Fuel Temperature on Engine Performance and Exhaust Emissions in a Diesel and Biodiesel Fuelled Engine

Erdoğan GÜNER^{1*} , Mehmet Akif CEVİZ² 

¹Bayburt Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bayburt, Türkiye
²Erzurum Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

Keywords:

Diesel Engine
Fuel Temperature
Biodiesel
Exhaust Emissions

Abstract

The available reserves of fossil-based fuels decrease day by day and the damage of these fuels to the environment also drives researchers to seek alternative fuels. In this respect, although biodiesel fuels are suitable as alternative fuels, they also have some disadvantages such as their high viscosity. In recent years, fuel injection systems are very sensitive and the mentioned disadvantage of biodiesel fuels is even more important. The increase in fuel temperature decreases the viscosity. For this reason, in this study, the effect of the fuel temperature of sunflower and canola biodiesel besides diesel on engine performance and exhaust emissions is investigated. The results are shown that fuel temperature has a significant effect on engine performance and exhaust emissions. The specific fuel consumption tends to increase almost for all fuels as the fuel temperature increases. In addition, with increasing fuel temperature, CO emission tends to decrease for diesel fuel while increasing for biodiesel fuels. According to the results, it is observed that NO emission tends to decrease for all fuels.

Dizel ve Biyodizel Yakıtlı Bir Motorda Yakıt Sıcaklığının Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi

Anahtar Kelimeler:

Dizel Motor
Yakıt Sıcaklığı
Biyodizel
Egzoz Emisyonları

Özet

Fosil kökenli yakıtların mevcut rezervleri gün geçtikçe azalmakta ve çevreye olan zararları da araştırmacıları alternatif yakıt arayışına sürüklemektedir. Bu açıdan biyodizel yakıtlar alternatif yakıt olarak uygun olmakla birlikte viskozitelerinin yüksek olması gibi bazı dezavantajlara da sahiptir. Günümüzde yakıt püskürtme sistemleri oldukça hassastır ve biyodizel yakıtların bahsedilen dezavantajı daha da önem arz etmektedir. Yakıt sıcaklığının artması viskoziteyi azaltmaktadır. Bu sebeple bu çalışmada dizel yakıtın yanı sıra ayçiçeği ve kanola biyodizellerin yakıt sıcaklığının değiştirilmesinin motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar yakıt sıcaklığının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu göstermiştir. Özgül yakıt tüketimi, yakıt sıcaklığı arttıkça tüm yakıtlar için neredeyse tamamen artmıştır. Ayrıca artan yakıt sıcaklığıyla CO emisyonu dizel yakıt için azalırken biyodizel yakıtlar için artma eğilimindedir. Elde edilen sonuçlara göre NO emisyonunun ise tüm yakıtlar için azalma eğiliminde olduğu görülmüştür.

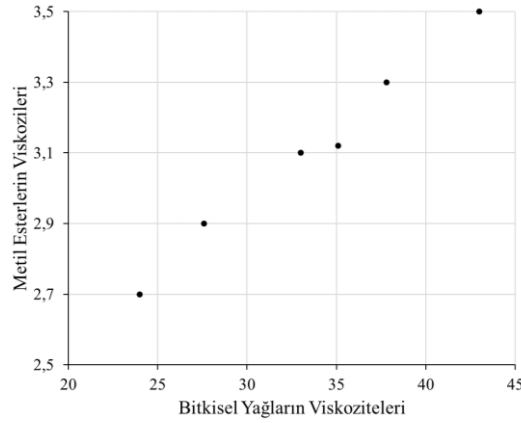
1 GİRİŞ

Dünyadaki nüfus artışı ve sanayileşmenin artması enerjiye olan gereksinimi de birlikte getirmektedir. Isıtmadan aydınlatmaya, taşımacılıktan endüstriyel makinelerin çalıştırılmasına kadar hemen hemen her alanda enerjiye gereksinim duyulmaktadır. Hali hazırda bu enerji gereksinimi daha çok fosil kökenli yakıtlarla giderilmektedir.

*e-Posta: erdoganguner@bayburt.edu.tr

Fosil kökenli yakıtlar kimyasal yapıları sebebiyle hava kirliliğine neden olmaktadır. Bu hava kirliliğine engel olabilmek için petrolün en çok kullanıldığı taşımacılık sektörünün temelini oluşturan içten yanmalı motorlara Avrupa Birliği tarafından emisyon standartları getirilmiştir. Bu emisyon standartları da yürürlüğe giren yeni standartlarla her geçen gün daha da katı bir hal almaktadır. Bu durum motor üreticilerini ve araştırmacıları mevcut kaynakları daha verimli kullanmaya ve alternatif çözümler üretmeye zorlamaktadır.

Araştırmacılar dizel motorlar için bitkisel yağların fosil yakıtlara alternatif olabileceğini görmüşlerdir [1], [2]. Bitkisel yağların viskoziteleri dizel yakıtın yaklaşık 10 katı [3] olduğundan motorlarda doğrudan kullanımlarının uzun sürede bazı problemlere sebep olduğu araştırmacılar tarafından görülmüştür [4]. Bu sebeple bilim insanları basit bazı kimyasal yöntemlerle yağların viskozitelerini azaltarak dizel yakıtı olarak kullanılmasını sağlamışlardır. Bu yöntemlerden biri de esterleştirme işlemidir. Bu sayede bitkisel yağların viskozite değerleri önemli bir ölçüde azaltılabilmektedir. Şekil 1'de bitkisel yağların viskozitelerinin esterleştirme sonucunda nasıl azaldığı gösterilmiştir [5].



Şekil 1. Bitkisel yağların ve metil esterlerinin 38 °C'deki viskoziteleri

Biyodizel yakıtı genellikle bitkisel kökenli olduğundan dünyada her yerde üretilebilme imkanına sahiptir. Ayrıca içerisinde neredeyse hiç sülfür elementi barındırmayan biyodizel daha çevre dostu bir yakıttır [6]. Viskozite sıcaklığın bir fonksiyonu olduğundan [7] dizel yakıtı kıyasla genellikle daha viskoz olan biyodizelin viskozitesi sıcaklığın artırılmasıyla da azaltılabilmektedir. Tablo 1'de soya yağı metil esteri ve dizel yakıtla karışımının viskozitelerinin sıcaklıkla değişimi gösterilmiştir [8]. Ayrıca dizel ve biyodizel yakıtların viskozitelerinin ve yoğunluklarının artan sıcaklıkla azaldığı yapılan başka çalışmalarda da gösterilmiştir [9]–[11].

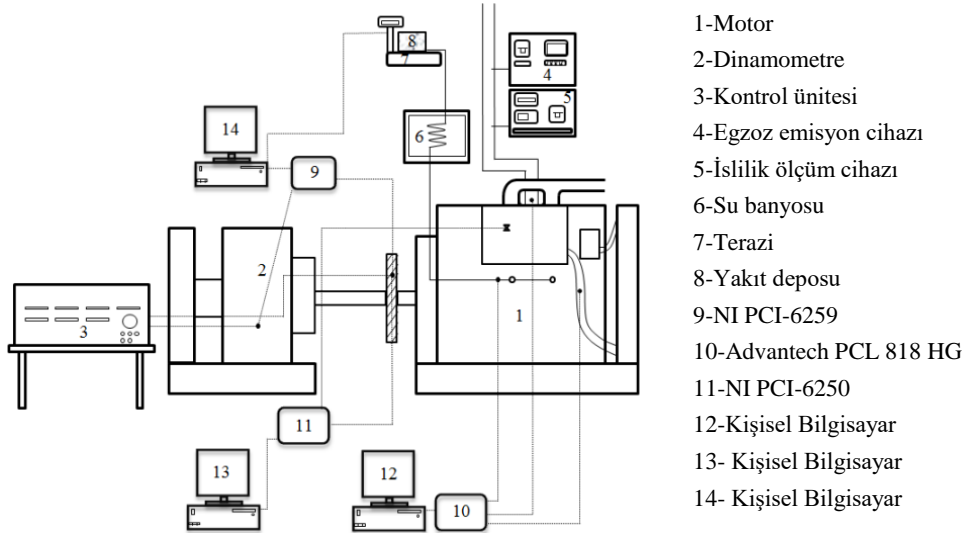
Tablo 1. Soya yağı metil esteri ve dizel yakıtla karışımının viskozitelerinin sıcaklıkla değişimi

	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
SMEA100	6,45	4,1	2,87	2,15	1,68
SMEA75	5,98	3,78	2,65	1,97	1,54
SMEA50	5,41	3,41	2,41	1,79	1,4
SMEA25	4,84	3,11	2,16	1,63	1,26
SMEB100	7,07	4,41	3,05	2,24	1,76
SMEB75	6,53	4,07	2,81	2,08	1,62
SMEB50	5,83	3,6	2,51	1,87	1,46
SMEB25	4,91	3,1	2,17	1,63	1,28

Biyodizel yakıtlar dizel motorlar için çok uygun bir alternatif yakıt olmakla birlikte özellikle ısıl değerlerinin dizel yakıtı göre yaklaşık %10 kadar az olması nedeniyle motor torku ve efektif güçte bir düşüşe sebep olabilirler [12], [13]. Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda biyodizellerin yüksek viskoziteleri ve yoğunlukları sebebiyle de yanma performansının kötüleşmesine neden olduğundan özgül yakıt tüketimi değerlerinin de yüksek olduğu belirtilmiştir [14]–[18]. Viskozite ve yoğunluk sıcaklıkla değiştiğinden araştırmacılar hem dizel hem de bazı alternatif yakıtlarla (metanol, setan, ham bitkisel yağ veya dizel-biyodizel karışımları gibi) yakıt sıcaklığının spray karakteristiklerine, motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir [19]–[22]. Yapılan deneysel ve simülasyon çalışmaları genel olarak biyodizel ya da dizel-biyodizel karışımlarının özellikle emisyon standartları açısından büyük önem arz eden NOx emisyonunu azalttığını göstermiştir [23], [24].

2 MATERYAL VE METOD

Yürütülen çalışma hidrolik dinamometre tezgâhına bağlanan Super Star 7728 modeli 4 stroklu, direkt püskürtmeli, 2 silindirli bir dizel motorda gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneğine ait şematik resim Şekil 2’de gösterilmiştir. Yakıt tüketimi TEM BITA model terazi ile ölçülmüş, anlık veriler LabView programıyla bilgisayara aktarılmıştır. Motor torku dinamometre üzerinde bulunan yük hücrelerinden ölçülmüştür. Egzoz emisyonlarının ölçülmesinde ise Bosch BEA 250 model emisyon cihazı kullanılmıştır. Emisyon cihazının ölçüm aralığı ve hassasiyeti Tablo 2’de verilmiştir.



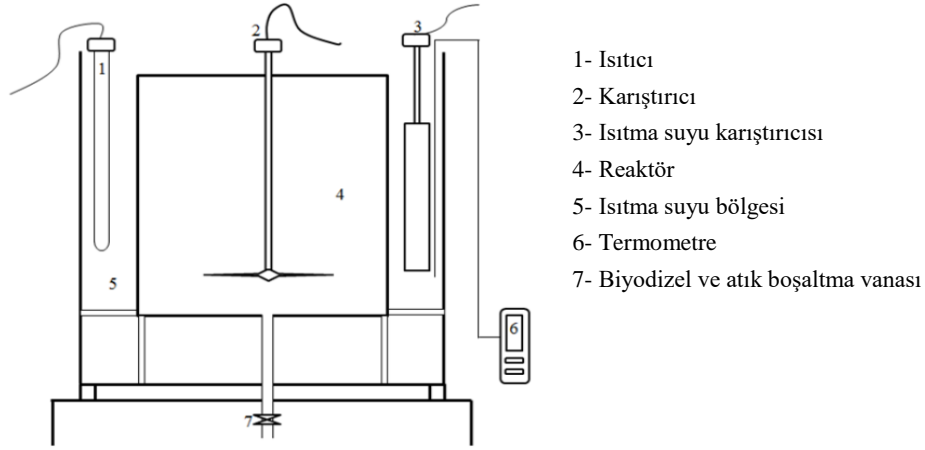
Şekil 2. Biyodizel üretim sistemine ait şematik görünüm

Tablo 2. Emisyon cihazının ölçüm aralığı ve hassasiyeti

Bileşenler	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
CO	0,000 – 10,00 % Hacim	0,001 % Hacim
CO ₂	0,00 – 18,00 % Hacim	0,01 % Hacim
HC	0 – 9,999 ppm Hacim	1 ppm Hacim
O ₂	0,00 – 22,00 % Hacim	0,01 % Hacim
NO	0 – 5000 ppm Hacim	≤ 1 ppm Hacim
Lambda	0,500 – 9,999	0,001

Biyodizellerin kanola ve ayçiçeği yağlarından transesterifikasyon yöntemiyle üretilmiştir. Alkol olarak CH₃OH (metil alkol), katalizör olarak da NaOH (sodyum hidroksit) kullanılmıştır. Biyodizel üretimi 800 ml bitkisel yağ, 160 ml CH₃OH ve 7,4 g NaOH kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlemde öncelikle alkol ve katalizör 30 dk süreyle karıştırılmıştır. Daha sonra 56 °C’ye ayarlanan reaktörün içerisine bitkisel yağ eklenerek yağ ısıtılmıştır. Bitkisel yağın sıcaklığının kararlı hale gelmesinden sonra üzerine alkol-katalizör karışımı eklenerek yaklaşık 120 dk süren tepkime başlatılmıştır. Karışım 1 lt’lik huniye alınarak 5 saat bekletilmiştir. Daha sonra alt tarafa çöken gliserin ayrıştırılmıştır. Bu işlemden sonra 80 ml saf su ile yıkama işlemi gerçekleştirilmiş ve ardından 5 saatlik dinlenmeye bırakılmış, kabın alt tarafında biriken gliserin-su karışımı ayrıştırılmıştır. Yıkama ve dinlendirme işlemi 3 kez tekrarlanmıştır. Son olarak biyodizelin içerisindeki sudan tamamen arındırılması için 70 °C’ye ısıtılarak 2 saat buharlaştırmaya tabi tutulmuştur. Biyodizel üretim sistemine ait şematik görüntü Şekil 3’de gösterilmiştir. Ayrıca üretilen biyodizellere Tübitak-MAM’da elementsel analiz yaptırılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 3’te verilmiştir.

Deneyler yapılırken ölçüm alınmadan önce motorun kararlı çalışma şartlarına gelmesi için motor bir süre çalıştırılmıştır. Motor kararlı çalışma şartlarına ulaştıktan sonra bir su banyosu yardımıyla yakıtın sıcaklığı 10 °C’den 80 °C’ye kadar 10 °C’lik artımlarla değiştirilerek deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu işlem tüm yakıtlar için ayrı ayrı yapılmıştır. Bu esnada gerekli veriler LabView ile hazırlanan programda kaydedilmiştir.



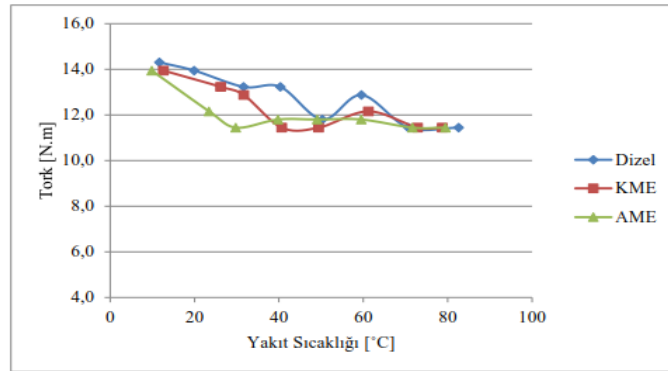
Şekil 3. Biyodizel üretim sistemine ait şematik görünüm

Tablo 3. Biyodizellerin elementsel analiz sonuçları

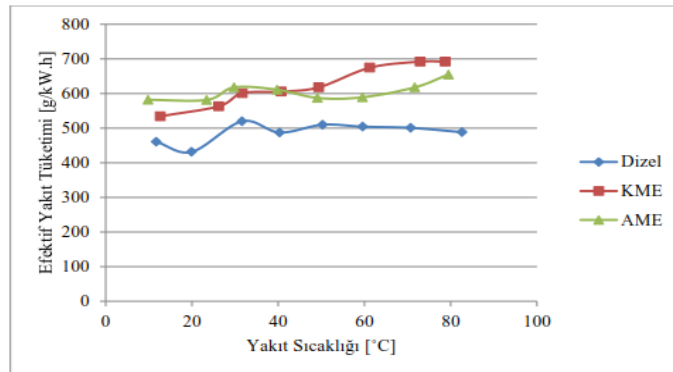
	%N	%C	%H
Ayçiçeği	0,11	77,17	11,83
Kanola	0,10	78,07	11,83

3 BULGULAR

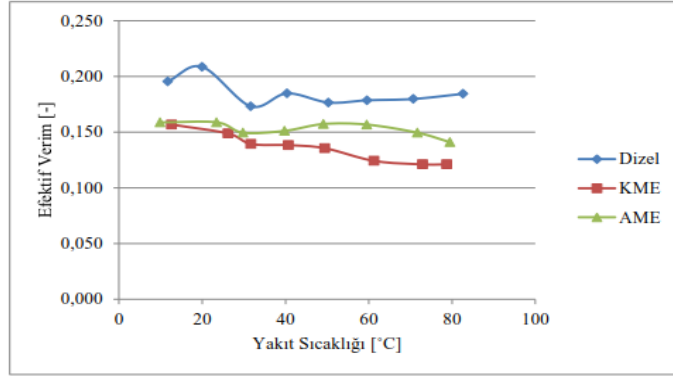
Bu çalışmada kanola metil esteri (KME) ve ayçiçeği metil esteri (AME) biyodizelleri ile dizel yakıt sıcaklığının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneylerden elde edilen motor performansı sonuçları tüm yakıtlar için Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 4. Farklı yakıtlar için yakıt sıcaklığı ile motor torku değişimi



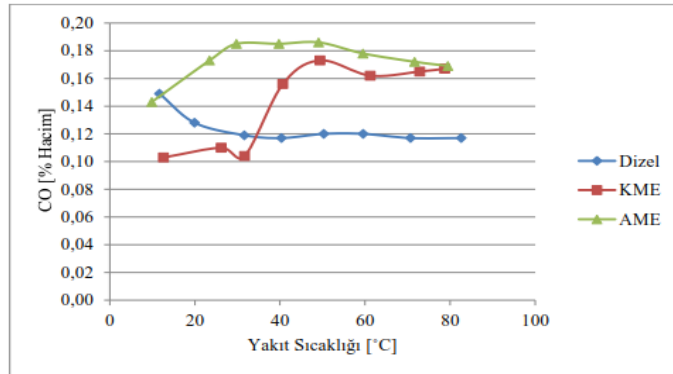
Şekil 5. Farklı yakıtlar için yakıt sıcaklığı ile özgül yakıt tüketimi değişimi



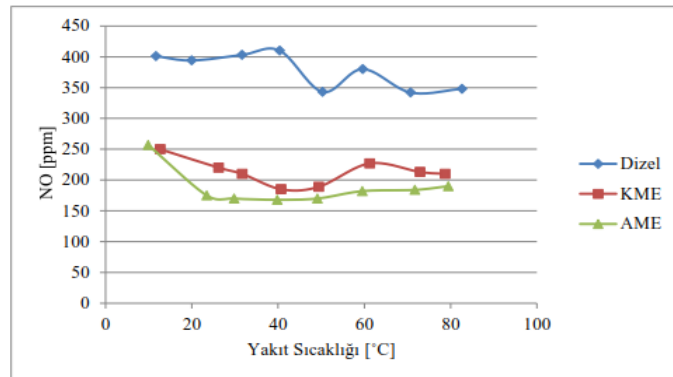
Şekil 6. Farklı yakıtlar için yakıt sıcaklığı ile efektif verim değişimi

Yakıt sıcaklığındaki artışın motor torkunu azaltma eğiliminde olduğu Şekil 4’te görülmektedir. Yakıt sıcaklığı arttıkça yakıtın yoğunluğundaki azalmadan dolayı her çevrimde silindire püskürtülen yakıtın kütlesi azalmaktadır. Bu durum da silindire giren yakıt enerjisinin az olmasına neden olduğundan dolayısı ile çıkış torku da azalmaktadır. Ayrıca biyodizellerin alt ısıl değerlerinin dizelinkinden yaklaşık olarak %10 daha az olmasından dolayı motorun biyodizel ile çalışması durumunda daha az torka sahip olduğu yine Şekil 4’te açıkça görülmektedir. Bunun yanı sıra biyodizellerin viskozitelerinin ve yoğunluklarının dizele göre yüksek olması yanma performansını azalttığından dizele kıyasla tork ve efektif güçte azalma meydana gelmektedir.

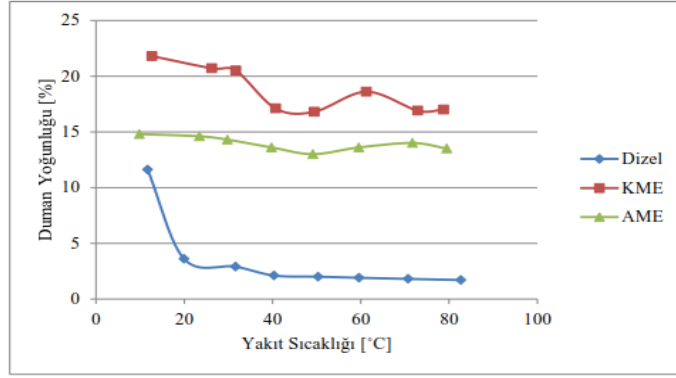
Şekil 5’ten özgül yakıt tüketiminin tüm yakıtlar için artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu eğim biyodizel yakıtlar için daha belirgindir. Bunun sebebi de biyodizelin ısıl değer, yoğunluk ve viskozitesinin yanma performansına olumsuz etkisinden kaynaklanmaktadır. Çünkü bu durum deneylerin aynı çalışma şartlarında gerçekleştirilebilmesi için biyodizelin daha fazla püskürtülmesini gerekli kılmıştır. Ayrıca bu sebeplerle ilişkili olarak artan yakıt sıcaklığı ile efektif verimin de azalma gösterdiği Şekil 6’da görülmektedir. Yakıt sıcaklığının egzoz emisyonlarına etkisi ise Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 7. Farklı yakıtlar için yakıt sıcaklığı ile CO emisyonunun değişimi



Şekil 8. Farklı yakıtlar için yakıt sıcaklığı ile NO emisyonunun değişimi



Şekil 9. Farklı yakıtlar için yakıt sıcaklığı ile duman yoğunluğunun değişimi

Dizel yakıtın kullanıldığı deneylerde artan yakıt sıcaklığı ile CO emisyonunun azaldığı Şekil 7'den görülmektedir. Buna karşın biyodizellerle yapılan deneylerde CO emisyonu artış göstermiş ve neredeyse tüm yakıt sıcaklıklarında dizel yakıttan daha fazla CO emisyonu üretilmiştir.

Şekil 8'de verilen NO emisyonlarına bakıldığında dizelden üretilen emisyonun yaklaşık 40 °C'ye kadar değişmediği, bu değerden sonra genel olarak bir düşüş sergilediği görülmektedir. Biyodizellerde ise CO ve NO emisyonları zıt bir şekilde değişmektedir. Sıcaklık arttıkça yanma performansı düşmüş dolayısıyla CO emisyonu artmış ve azalan silindir içi sıcaklık sebebiyle de NO emisyonu azalmıştır.

Şekil 9'da gösterilen duman yoğunluklarının dikkat edildiğinde yakıt sıcaklığındaki artışın duman yoğunluğunu azaltıcı etkisi olduğu görülmektedir. Bu duruma sıcaklığın artmasıyla uzun hidrokarbon zincirine sahip olan bu yakıtların daha kolay parçalandığının sebep olduğu söylenebilir. İlgili şekilden dizele kıyasla daha uzun hidrokarbon zincirine sahip olan biyodizellerin duman yoğunluğunun da daha fazla olduğu görülmektedir.

4 SONUÇLAR

Mevcut petrol rezervlerinin her geçen gün azalması alternatif yakıtların önemini artırmaktadır ve bu yakıtların da emisyon standartlarını yakalamaları için çaba sarf edilmelidir. Bu amaçla bu çalışmada yakıt sıcaklığının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkileri incelenmiş ve yakıt sıcaklığının bu parametreler üzerinde önemli bir etkisinin olduğu görülmüştür. Yürütülen çalışma neticesinde alternatif yakıt olarak kullanılan biyodizellerin, çevreye verdiği zarar sebebiyle büyük önem arz eden NO_x emisyonlarının büyük bir kısmını oluşturan, NO emisyonunun artan yakıt sıcaklığıyla azalma eğiliminde olduğu görülmüştür. Ancak elde edilen sonuçlara göre CO emisyonunda artış gözlenmiştir. Motor performansı açısından da biyodizelin yapısı itibarıyla bir miktar performans düşüşüne sebep olduğu görülmüştür.

Kaynakça

- [1] L. C. Meher, D. Vidya Sagar, and S. N. Naik, "Technical aspects of biodiesel production by transesterification - A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2006, doi: 10.1016/j.rser.2004.09.002.
- [2] S. L. Dmytryshyn, A. K. Dalai, S. T. Chaudhari, H. K. Mishra, and M. J. Reaney, "Synthesis and characterization of vegetable oil derived esters: Evaluation for their diesel additive properties," *Bioresour. Technol.*, 2004, doi: 10.1016/j.biortech.2003.07.009.
- [3] M. Çetin and F. Yüksel, "The use of hazelnut oil as a fuel in pre-chamber diesel engine," *Appl. Therm. Eng.*, 2007, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2006.04.025.
- [4] K. B. CİGİZOĞLU, T. ÖZAKTAS, and F. KARAOSMANOĞLU, "Used Sunflower Oil as an Alternative Fuel for Diesel Engines," *Energy Sources*, vol. 19, no. 6, pp. 559–566, 1997, doi: 10.1080/00908319708908872.
- [5] A. Demirbaş and H. Kara, "New options for conversion of vegetable oils to alternative fuels," *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*, 2006, doi: 10.1080/009083190951357.
- [6] Y. D. Wang *et al.*, "An experimental investigation of the performance and gaseous exhaust emissions of a diesel engine using blends of a vegetable oil," *Appl. Therm. Eng.*, 2006, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2005.11.013.

- [7] N. Tippayawong, T. Wongsiriamnuay, and W. Jompakdee, "Performance and Emissions of a Small Agricultural Diesel Engine Fueled with 100% Vegetable Oil: Effects of Fuel Type and Elevated Inlet Temperature," *Asian J Energy Env.*, vol. 3, 2002.
- [8] W. Yuan, A. C. Hansen, Q. Zhang, and Z. Tan, "Temperature-dependent kinematic viscosity of selected biodiesel fuels and blends with diesel fuel," *JAOCs, J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2005, doi: 10.1007/s11746-005-5172-6.
- [9] R. E. Tate, K. C. Watts, C. A. W. Allen, and K. I. Wilkie, "The densities of three biodiesel fuels at temperatures up to 300 °C," *Fuel*, 2006, doi: 10.1016/j.fuel.2005.10.024.
- [10] M. Dzida and P. Prusakiewicz, "The effect of temperature and pressure on the physicochemical properties of petroleum diesel oil and biodiesel fuel," *Fuel*, 2008, doi: 10.1016/j.fuel.2007.10.010.
- [11] R. E. Tate, K. C. Watts, C. A. W. Allen, and K. I. Wilkie, "The viscosities of three biodiesel fuels at temperatures up to 300 °C," *Fuel*, 2006, doi: 10.1016/j.fuel.2005.10.015.
- [12] A. K. Babu and G. Devaradjane, "Vegetable oils and their derivatives as fuels for CI engines: An overview," 2003, doi: 10.4271/2003-01-0767.
- [13] C. Romig and A. Spataru, "Emissions and engine performance from blends of soya and canola methyl esters with ARB 2 diesel in a DDC 6V92TA MUI engine," 1996, doi: 10.1016/0960-8524(95)00175-1.
- [14] R. Altin, S. Çetinkaya, and H. S. Yücesu, "Potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines," *Energy Convers. Manag.*, 2001, doi: 10.1016/S0196-8904(00)00080-7.
- [15] M. Y. E. Selim, M. S. Radwan, and S. M. S. Elfeky, "Combustion of jojoba methyl ester in an indirect injection diesel engine," *Renew. Energy*, 2003, doi: 10.1016/S0960-1481(02)00225-2.
- [16] M. Çetinkaya, Y. Ulusoy, Y. Tekin, and F. Karaosmanoğlu, "Engine and winter road test performances of used cooking oil originated biodiesel," *Energy Convers. Manag.*, 2005, doi: 10.1016/j.enconman.2004.06.022.
- [17] M. Canakci, "Combustion characteristics of a turbocharged DI compression ignition engine fueled with petroleum diesel fuels and biodiesel," *Bioresour. Technol.*, 2007, doi: 10.1016/j.biortech.2006.05.024.
- [18] N. Usta *et al.*, "Combustion of bioDiesel fuel produced from hazelnut soapstock/waste sunflower oil mixture in a Diesel engine," *Energy Convers. Manag.*, 2005, doi: 10.1016/j.enconman.2004.05.001.
- [19] M. Kubota, K. Yoshida, H. Shoji, and H. Tanaka, "8 A Study of the Influence of Fuel Temperature on Emission Characteristics and Engine Performance of Compression Ignition Engine," SAE Technical Paper, 2002.
- [20] Z. Chen *et al.*, "Effect of fuel temperature on the methanol spray and nozzle internal flow," *Appl. Therm. Eng.*, 2017, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.12.025.
- [21] D. B. Foster and W. Jung, "The influence of the fuel inlet temperature on diesel engine performance," *MTZ Worldw.*, vol. 63, no. 4, pp. 27–28, 2002.
- [22] L. Geng, Y. Wang, J. Wang, Y. Wei, and C. F. Lee, "Numerical simulation of the influence of fuel temperature and injection parameters on biodiesel spray characteristics," *Energy Sci. Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 312–326, 2020.
- [23] M. Czechlowski, W. Gracz, D. Marcinkowski, W. Golimowski, and J. Mazurkiewicz, "Effect of Diesel Fuel Temperature on the Nitrogen Oxides Emission from a Compression-Ignition Engine," *J. Ecol. Eng.*, vol. 21, no. 3, 2020.
- [24] A. Adham and E. I. M. Mabsate, "Computational Study of Fuel Temperature Impact on Combustion and Pollutant Emissions of a Diesel Engine Fueled with Diesel-Biodiesel Blends," in *2017 International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)*, 2017, pp. 1–6.