



NANO MATERYAL İÇERİKLİ KATKILARIN YAKIT ÖZELLİKLERİNE VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİLERİ

İsmet SEZER

Gümüşhane Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 29100 Gümüşhane/Türkiye
isezer@gumushane.edu.tr

(Geliş/Received: 13.12.2017; Kabul/Accepted in Revised Form: 20.02.2018)

ÖZ: Bu çalışma; dizel, biyodizel, su veya alkol içeren emülsiyon yakıtları ve çeşitli yakıt karışımları gibi dizel motor yakıtlarında nano materyal içerikli katkıların kullanılmasının yakıt özellikleri, motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkileri üzerine yapılmış çalışmaların sonuçlarından derlenmiştir. Dizel motorlar iyi performans ve güvenilirlik karakteristiklerine sahip olmasına rağmen dizel motorlardan yayılan egzoz gazları içinde yarı yanmış veya yanmamış hidrokarbonlar, karbondioksit, karbonmonoksit, partikül madde (is) ve azot oksitler gibi zararlı emisyonlar bulunur. Dizel motorlarda zararlı egzoz emisyonlarının azaltılması için üç farklı teknik uygulanmaktadır. Zararlı emisyonları azaltmak için uygulanan tekniklerden ilki motor tasarımda ve yakıt püskürtme sisteminde değişiklikler yapılarak yanmanın iyileştirilmesidir. Ancak bu pahalı ve zaman alıcı bir süreçtir. Emisyonları azaltmak için uygulanan ikinci teknik katalitik konvertör ve partikül filtresi gibi çeşitli egzoz gazı cihazlarının kullanılmasıdır. Ancak, bu cihazlar dizel motorların performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Dizel motorlarda, emisyonları azaltmak ve aynı zamanda motorun performansını artırmak için kullanılan üçüncü teknik ise çeşitli yakıt katkılarının kullanılmasıdır. Dizel motorlardan yayılan en önemli kirleticiler azot oksitler (NO_x) ve partikül madde (PM-is) emisyonlarıdır. Uygulamada, NO_x ve PM emisyonlarını birlikte azaltmak oldukça zordur. Emisyonları azaltırken motor performansını artırmanın en iyi yolunun nano materyal içerikli katkıların ve su veya alkol ile emülsiyonlaştırılmış yakıtların kullanımı olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmektedir. Bu derleme çalışmasında çeşitli dizel motor yakıtlarında farklı nano materyal içerikli katkıların kullanımının yakıt özelliklerine ve egzoz emisyonlarına etkileri literatüre dayalı olarak incelenmiştir. Bu şekilde, nano materyal içerikli katkıların etkilerinin bir arada değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, Dizel motor performansı, Emisyonlar, Emülsiyon yakıt, Nano materyal içerikli katkılar

Effect of Additives Including Nano Materials on Fuel Properties and Exhaust Emissions

ABSTRACT: This study compiled the results of various researches performed on the effects of the fuel properties, engine performance and exhaust emissions of diesel engines using nanomaterials additives in diesel engine fuels such as diesel, biodiesel, water or alcohol emulsified fuels and the various fuel blends. However, diesel engines have good reliability and performance characteristics; they emit the hazardous emissions like unburned hydrocarbons, carbon dioxide, carbon monoxide, particulate matters and nitrogen oxides with the exhaust gases. Three different techniques are used the reduction of the harmful exhaust emissions of the diesel engines. The first technique for the reduction of the harmful emissions is improved the combustion by modification of the engine design and the fuel injection system, but this process is expensive and time consuming. The second technique for the reduction of the emissions is the using various exhaust gas devices like catalytic converter and diesel particulate filter. However, the use of these devices affects negatively diesel engine performance. The other technique to reduce the emissions and also improve diesel engine performance is the use of various fuel additives.

The major pollutants of diesel engine are oxide of nitrogen (NO_x) and particulate matter (PM). It is very difficult to reduce NO_x and PM simultaneously in practice. The most researches declare that the best way to reduce the emissions and increase the engine performance is the use of nano material additives and water or alcohol emulsified fuels. The effects using of different nano material additives in various diesel engine fuels on the fuel properties and the exhaust emissions were investigated the based on the literature in this review. In this way, it has been purposed that the effects of the nano material additives was evaluated together.

Key Words: Biodiesel, Diesel engine performance, Emissions, Emulsified fuel, Nano material additives

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dizel motorların; karayolu taşıtlarında, tarım sektöründe, elektrik jeneratörlerinde güç kaynağı olarak kullanımının sürekli artması yakıt tüketiminin ve fiyatının sürekli artışına neden olmaktadır. Diğer taraftan, emisyonlarla ilgili sıkı düzenlemeler emisyon azaltma teknolojilerinin ve alternatif yakıtların kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Katalitik konvertör ve partikül filtresi kullanımı dizel motorlarda azot oksit (NO_x) ve partikül madde (PM-is) emisyonlarını azaltması yanında motor performansını ve yakıt ekonomisini olumsuz yönde etkilemektedir. Dizel motorların performansını artırıp emisyonlarını azaltmanın diğer bir yolu ise özellikle gıda olarak tüketilmeyen yağlardan üretilen biyodizel yakıtların kullanılmasıdır (Murugesan ve diğ., 2009). Ayrıca, biyodizel yakıtların dizel yakıtına belirli oranlarda katılarak kullanılmasının karbondioksit (CO₂) salımını azaltarak küresel ısınmayı azaltabileceği düşünülmektedir (Karabektas ve diğ., 2013). Yapılan çeşitli deneysel çalışmalar biyodizel yakıt ve karışımlarının motor gücünde bir miktar düşüşe ve yakıt tüketiminde artışa neden olduğunu göstermiştir. Ayrıca, biyodizel yakıt ve karışımlarının içeriğindeki oksijen nedeniyle NO_x emisyonunda artış olduğu bildirilmektedir (Dhar ve diğ., 2012; Sharma ve Singh, 2008). Biyodizel yakıtların bu olumsuz etkilerinin emülsiyon yöntemi ve çeşitli yakıt katkıları kullanılarak azaltılması mümkündür. Dizel ve biyodizel yakıtların su ile emülsiyonlaştırılmasının NO_x emisyonunun azaltılmasında oldukça etkili bir yöntem olduğu belirtilmektedir (Chen ve diğ., 2010; Dantas Neto ve diğ., 2011). Ancak, emülsiyon yakıtların içinde bulunan su yanma sıcaklığını düşürerek tutuşma gecikmesi süresinin uzamasına neden olabilmektedir (Fu ve diğ., 2003). Bu olumsuz etkiyi azaltmak için suyla emülsiyonlaştırılmış yakıtlarda nano materyal içerikli katkıların kullanılması önerilmektedir (Imdadul ve diğ., 2015; Shaafi ve diğ., 2015). Bu nedenle, dizel, biyodizel ve suyla emülsiyonlaştırılmış yakıtlarda nano materyal katkıların kullanımı üzerine yapılan çalışmaların sonuçlarının bir arada değerlendirilmesi motor performansının iyileştirilmesi ve emisyonlarının azaltılması açısından oldukça önemlidir. Sunulan derleme çalışmasında, dizel yakıtı, çeşitli biyodizel yakıt ve karışımları ile su veya alkol ile emülsiyonlaştırılmış yakıtlarda nano materyal içerikli katkıların kullanılmasının yakıt özellikleri ve egzoz emisyonları üzerindeki etkileri literatüre dayalı olarak incelenmiştir. Bunun için nano materyal içerikli katkıların çeşitli dizel motor yakıtlarında kullanımı üzerine yapılmış literatürde yer alan çalışmalardan yararlanılmıştır. Böylece, nano materyal içerikli katkıların etkilerinin bir arada toplu olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

NANO MATERYAL İÇERİKLİ YAKIT KATKILARI (FUEL ADDITIVES INCLUDING NANO MATERIALS)

Nano materyallerin boyutları 1-100 nm arasında değişmekte olup yakıt katkısı olarak kullanılan nano materyaller arasında Al, Ag, Cu, Mg, Ni, Ti, Zn gibi metaller, bor gibi yarı metaller ve Al₂O₃, CeO₂, TiO₂, Fe₂O₃, Fe₃O₄, CuO, MnO, MgO gibi metal oksit nano akışkanlar sıralanabilir (Dreizin, 2009; Senthilraja ve diğ., 2010). Son zamanlarda, nano boyutlu silikon tozları ve nano gözenekli silikonlu levhalar ile tek veya çok tabakalı nano tüpler gibi materyaller de enerji uygulamalarında kullanılmaktadır (Balamurugan ve diğ., 2013). Literatürde nano materyallerin yakıt katkısı olarak kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Sonawane ve diğ. (2011) havacılık türbin yakıtına (Kerosin-

K) alüminyum oksit (Al_2O_3) katılmasının etkilerini incelemişlerdir. Dizel (D) yakıtına, nano alüminyum (n-Al), nano gümüş (n-Ag), nano seryum (n-Ce), nano platin (n-Pt), nano demir (n-Fe), nano bor (n-B) gibi nano parçacıkların katılmasının etkileri çeşitli araştırmacılarca (Kao ve diğ., 2008; Babu ve Raja, 2015; Mohan ve diğ., 2015; Saraee ve diğ., 2015; Jung ve diğ., 2005; Okuda ve diğ., 2009; Mehta ve diğ., 2014) incelenmiştir. Dizel yakıtına, Al_2O_3 , çinko oksit (ZnO), demir-II oksit (Fe_2O_3) ve demir-III oksit (Fe_3O_4), bakır oksit (CuO), kobalt oksit (Co_3O_4), titanyum oksit (TiO_2), grafit oksit (GO), seryum oksit (CeO_2), mangan oksit (MnO), mangan dioksit (MnO_2), magnezyum oksit (MgO), kalsiyum oksit (CaO) gibi nano akışkanlar katılmasının etkileri çeşitli araştırmacılarca (Venkatesan, 2015; Raj ve diğ., 2016; Venkatesan ve Kadires, 2015; Selvaganapthy ve diğ., 2013; Shafil ve diğ., 2011; Sarvestany ve diğ., 2013; Mahendrarman ve diğ., 2016; Ramachandran, 2015; Aalam ve diğ., 2015; Gumus ve diğ., 2016; George ve diğ., 2015; Sungur ve diğ., 2016; Ooi ve diğ., 2016; Lenin ve diğ., 2013; Keskin ve diğ., 2011; Guru ve diğ., 2002; Sajeevan ve diğ., 2013; Selvan ve diğ., 2009; Venkatesan ve diğ., 2014; Zhang ve diğ., 2013; Narasiman ve diğ., 2015; Aalam ve Alagappan, 2015; Samuel ve Shefeek, 2015; Thirumal ve diğ., 2015; Venkatesan ve Kadires, 2016; Fangsuwannarak ve diğ., 2013) incelenmiştir. Dizel yakıtına karbon nano tüpler (KNT) ve çok tabakalı karbon nano tüpler (ÇTKNT) katılmasının etkileri Aalam ve diğ. (2015) tarafından incelenmiştir. Farklı oranlarda su içeren dizel emülsiyon yakıtlarına farklı nano materyaller katılmasının etkileri çeşitli araştırmacılarca (Basha ve Annand, 2011a; Mehta ve diğ., 2014; Singh ve Bharj, 2015; Singh ve Bharj, 2016; Chaudhari ve diğ., 2014) incelenmiştir. Farklı oranlarda etanol (E) içeren dizel yakıtlarına farklı türde nano materyaller katılmasının etkileri çeşitli araştırmacılarca (Mehregan ve Moghiman, 2014; Manikandan ve Sethuraman, 2014; Ganesh ve Reddy, 2016) incelenmiştir. Farklı türden biyodizel yakıtlara farklı türde nano materyal içerikli katkıların katılmasının etkileri çeşitli araştırmacılar tarafından (Basha ve Annand, 2013; Ganesh ve Gowrishankar, 2011; Banapurmath ve diğ., 2014a; Banapurmath ve diğ., 2014b; Bhagwat ve diğ., 2015; Çelik, 2016; Arockiasamy ve Anand, 2015; Balaji ve Cheralathan; Yuvarajan ve Ramanan, 2016; Amit ve Kumar, 2015; Kannan ve diğ., 2011; Ganesh ve Gowrishankar, 2011; Jeryraj Kumar ve diğ., 2016; Manibharathi ve diğ., 2014; Narasiman ve diğ., 2015; Sajith ve diğ., 2010; Rajalingam ve diğ., 2016; Basha ve Annand, 2013; Balaji ve Cheralathan, 2015; Thulasi ve diğ., 2016; Banapurmath ve diğ., 2014; Tewari ve diğ., 2013) incelenmiştir. Farklı türden ve farklı oranlarda su veya etanol içeren biyodizel emülsiyon yakıtlarda farklı türde nanomateryal içerikli katkıların kullanılmasının etkileri çeşitli araştırmacılarca (Basha ve Annand, 2011b; Anbarasu, 2015; Annamalai ve diğ., 2016; Basha ve Annand, 2014; Venu ve Madhavan, 2016) incelenmiştir. Farklı türden biyodizel-dizel yakıt karışımlarına farklı türden nano materyal içerikli katkıların katılmasının etkileri birçok araştırmacı tarafından (Balamurugan ve diğ., 2013; Fangsuwannarak ve diğ., 2016; Kumar ve diğ., 2016; Ramesh ve diğ., 2016; Aalam ve diğ., 2015; Karthikeyan ve diğ., 2014a; Ghogare ve Kale, 2016a; Ghogare ve Kale, 2016b; Sanjay ve diğ., 2016; Prakash ve diğ., 2016; Aalam ve Saravanan, 2015; Jayanthi ve diğ., 2016; Chandrasekaran ve diğ., 2016; Kumar ve diğ., 2017; Karthikeyan ve diğ., 2014b; Karthikeyan ve diğ., 2014c; Silambarasan ve Senthil, 2016; Karthikeyan ve diğ., 2014d; Santhanamuthu ve diğ., 2014; Keskin ve diğ., 2007; Manibharathi ve diğ., 2015; Ingle ve diğ., 2016; Karthikeyan ve diğ., 2016; Ramarao ve diğ., 2015; Bafghi ve diğ., 2015; Karthikeyan ve diğ., 2014e; Sathiyamoorthi ve diğ., 2016; Venkatesan ve Kadires, 2016; Sajith ve diğ., 2015; D'Silva ve diğ., 2016; Fangsuwannarak ve diğ., 2013; Prabhu ve diğ., 2015; Mirzajanzadeh ve diğ., 2015; Karthikeyan ve Prathima, 2016; Ghafoori ve diğ., 2015; Madhukrishna ve diğ., 2016; Sahafi ve Velraj, 2015; Selvan ve diğ., 2009; Selvan ve diğ., 2014) incelenmiştir.

NANO MATERYAL İÇERİKLİ KATKILARIN YAKIT ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ (EFFECTS OF THE ADDITIVES INCLUDING NANOMETATERIALS ON THE FUEL PROPERTIES)

Nano materyal içerikli katkı maddeleri, arttırılmış yüzey alanı/hacim oranı, hızlı buharlaşma ve daha kısa tutuşma gecikmesi süresi gibi özellikleri nedeniyle yakıt özelliklerini iyileştirmek için uygun bir katalizör olarak düşünülmektedir (Ghogardare ve Hudgikar, 2016). Nano materyal içerikli katkıların yoğunluk, viskozite, alevlenme ve tutuşma noktası sıcaklıkları, akma ve bulutlanma noktası sıcaklıkları,

setan sayısı ve ısı değer gibi yakıt özelliklerine etkisi birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Çizelge 1’de çeşitli nano materyal katkıların yakıt özelliklerine etkileriyle ilgili sayısal değerler verilmiştir.

Çizelge 1. Nanomateryal içerikli katkıların yakıt özelliklerine etkileri

Table 1. Effects of the additives including nanomaterials on the fuel properties

Ana yakıt+katkı	Yoğunluk (%değişim)	Viskozite (%değişim)	Alevlenme Sıcaklığı (%değişim)	Tutuşma Sıcaklığı (%değişim)	Setan Sayısı (%değişim)	Isıl değer (%değişim)	Kaynak
K+%0,1-1 Al ₂ O ₃	-	↑ 2-37	-	-	-	-	Sonawane ve diğ., 2011
D+25-75 ppm n-Al	↓ 4,7-12,5	→	↑ 3,6-12,7	-	-	-	Babu ve Raja, 2015
D+25-50 ppm Al ₂ O ₃	↑ 0,2-0,3	↑ 1,5-2,7	↑ 4,1-8,3	↑ 3,8-7,7	-	↑ 0,3-0,6	Raj ve diğ., 2016
D+250-1000 ppm Al ₂ O ₃	↑ 0,2-1,1	-	↑ 1,9-15,4	↑ 4,8-22,6	-	↑ 0,09-0,6	Venkates ve Kadires, 2015
D+150-300 mg/L Fe ₃ O ₄	↑ 0,3-0,6	↑ 3,7-11,1	↓ 10,9-14,5	↓ 5-17	↑ 4,2-10,6	-	Mahendrarvarman ve diğ., 2016
D+25-50 ppm Fe ₂ O ₃	↑ 0,5-1	-	↑ 8,6-15,5	-	↑ 3-5,5	↑ 0,8-1,5	Aalam ve diğ., 2015a
D+25-100 ppm Al ₂ O ₃	↑ 0,08-0,12	↓ 0-2,8	↑ 10-15	-	↑ 0,9-1,5	-	Gumus ve diğ., 2016
D+50 ppm CuO	↑ 0,07	↓ 2,8	↑ 10	-	↑ 1,3	-	Gumus ve diğ., 2016
D+300 ppm Al ₂ O ₃	↑ 0,1	↓ 2,8	↓ 5,7	-	-	↑ 0,04	Sungur ve diğ., 2016
D+300 ppm TiO ₂	↑ 0,09	↓ 2,8	↓ 1,9	-	-	↑ 0,005	Sungur ve diğ., 2016
D+%0,01-0,1 GO	↓ 3,1 ↑ 0,03	↓ 31-8,6	↓ 14,4-4,8	-	↓ 2,2-13	-	Sungur ve diğ., 2016
D+%0,01-0,1 Al ₂ O ₃	↓ 3,1 ↑ 0,09	↓ 32,5 ↑ 6,5	↓ 16,9-1,2	-	↓ 6,5-13	-	Ooi ve diğ., 2016
D+%0,01-0,1 CeO ₂	↓ 3,1 ↑ 0,1	↓ 33,1-0,6	↓ 18-12	-	↓ 8,7-10,8	-	Ooi ve diğ., 2016
D+200 mg/L CuO	-	↓ 17	↓ 20	↓ 14,8	-	-	Lenin ve diğ., 2013
D+200 mg/L MnO	-	↓ 6,3	↓ 8,3	↓ 3,7	-	-	Lenin ve diğ., 2013
D+8-16 μmol/L MnO	-	↓ 3,8-11,5	↓ 6,8-12,3	-	-	-	Keskin ve diğ., 2011
D+8-16 μmol/L MgO	-	↓ 7,7-15,4	↓ 5,5-10,9	-	-	-	Keskin ve diğ., 2011
D+54,2 μmol/L MnO	-	↓ 5,2	↓ 5,3	-	↑ 4,4	-	Guru ve diğ., 2002
D+ 50 cc/L CeO ₂	↑ 0,2	-	↑ 14,8	↑ 16,1	-	↑ 0,36	Venkatesan ve diğ., 2014
BD+25 ppm/L CeO ₂	↑ 0,4	↑ 4,4	↑ 229,3	↑ 172	↑ 24,4	↑ 21,3	Narasiman ve diğ., 2015
D+ 50 cc/L CeO ₂	↑ 0,2	-	↑ 14,8	↑ 16,1	-	↑ 0,36	Venkates ve Kadires, 2016
D+%0,2 TiO ₂	↑ 0,02	↑ 2,2	↑ 4,4	→	-	-	Fangsuwannarak ve diğ., 2013a
D+25-50 ppm ÇTKNT	↑ 0,5-0,98	-	↑ 5,2-12	-	↑ 2,9-5,5	↑ 1-1,7	Aalam ve diğ., 2015b
DW15+25-100 ppm n-Al	↑ 0,07-0,13	↑ 0,8-2,2	↑ 1,6-4,8	-	↑ 11,6-16,3	↑ 1,3-2,8	Basha ve Annand, 2011a
DW1+%0,1 n-Al	↑ 1,7	↑ 19,3	-	-	↑ 7,8	↓ 1,3	Mehta ve diğ., 2014
DW1+%0,1 n-Si	↑ 1,4	↑ 20,2	-	-	↑ 11,7	↓ 1,3	Mehta ve diğ., 2014
DW15+ 50-150 ppm ÇTKNT	↑ 3-3,7	↑ 83,5-91,2	↑ 17,2-24,1	↑ 11,3-19,7	↑ 2,1-6	↓ 9,3-4,6	Singh ve Bharj, 2015
DW20+ 50-150 ppm ÇTKNT	↑ 4-4,5	↑ 104,8-109,9	↑ 18,9-36,2	↑ 16,9-29,6	↑ 0-4,2	↓ 9,3-6,5	Singh ve Bharj, 2016
BD+30 ppm/L CeO ₂	↑ 0,3	↑ 4,8	↓ 10,6	-	-	↓ 2	Chaudhari ve diğ., 2014
BD+25-50 ppm n-Al	↑ 0,1-0,2	↑ 1,1-1,9	↓ 1,2-3,5	-	↑ 1,9-3,8	↑ 0,9-1,7	Basha ve Annand, 2013
BD+25-50 ppm KNT	↑ 0,05-0,3	↑ 0,7-1,5	↓ 2,3-4,7	-	↑ 3,8-7,5	↑ 1,6-2,3	Basha ve Annand, 2013
BD+50 ppm n-Ag	↑ 2,8	↑ 5,3	↓ 1,2	-	-	↓ 2,9	Banapurmath ve diğ., 2014a
BD+50 ppm n-G	↑ 2,3	↑ 3,6	↓ 7	-	-	↓ 1,4	Banapurmath ve diğ., 2014a
BD+50 ppm ÇTKNT	↑ 2,3	↑ 3,6	↓ 3,5	-	-	↓ 2,5	Banapurmath ve diğ., 2014a
BD+25-50 ppm n-Ag	↑ 2,3-3,4	↑ 3,6	↓ 14,4-15,5	-	-	↓ 3-1,7	Banapurmath ve diğ., 2014b
BD+25-50 ppm n-G	↑ 1,7-2,3	↑ 3,6	↓ 5,9-7	-	-	↓ 2,8-1,4	Bhagwat ve diğ., 2015
BD+4-16 μmol/L n-Mn	↓ 0,7-2,5	↓ 3,2-9,1	↓ 2,3-8	-	-	↑ 2,2-2,8	Çelik, 2016
BD+30 ppm/L Al ₂ O ₃	↑ 0,2	↑ 3,6	↓ 8,2	-	-	↓ 1,5	Arockiasamy ve Anand, 2015
BD+100-300 ppm Al ₂ O ₃	↑ 0,1-0,2	↑ 0,2-0,4	↑ 0,5-1,1	-	↑ 0-1,9	↑ 0,5-0,6	Balaji ve Cheralathan
BD+5-50 μmol/L FeCl ₃	↓ 0,02-0,1	↓ 0,2-1,1	↓ 0-2,9	↓ 0-3,7	↑ 2,1-5,4	↑ 0,2-1	Yuvarajan ve Ramanan, 2016
BD+%1 Fe ₃ O ₄	↑ 5	↑ 3,7	↑ 2,1	-	↑ 8	↑ 2,8	Kannan ve diğ., 2011
BD+30 ppm/L CeO ₂	↓ 2	↓ 24,5	↓ 3,9	-	↑ 0,9	↑ 3,9	Rajalingam ve diğ., 2016
BD+100-300 ppm KNT	↓ 0,11-0,22	↑ 0,2-0,4	↑ 0,5-1,1	-	↑ 0-1,9	↑ 0,5-0,6	Balaji ve Cheralathan, 2015

BD+100ppm KNT	↑ 9,6	↑ 13,4	↑ 40	↑ 29,3	↑ 5,9	↓ 0,97	Thulasi ve diğ., 2016
BD+25–50 ppm ÇTKNT	↑ 2–2,3	↑ 1,8–3,6	↓ 2,3–3,5	–	–	↓ 4–2,5	Tewari ve diğ., 2013
BDW5+30 ppm CeO ₂	↑ 1,1	↑ 6,8	↓ 9,5	–	↑ 5,4	↑ 1,1	Annamalai ve diğ., 2016
BDW5+25–100 ppm KNT	↓ 0,3–0,04	↑ 0,5–9,4	↓ 7,1–12,8	–	↑ 5,9–9,8	↑ 0,6–2,1	Basha ve Annand, 2014
DBD25+25–50 ppm Al ₂ O ₃	↑ 0,3–0,8	↓ 4,8–10,9	↑ 1,8–3,6	–	↑ 3,6–5,4	–	Aalam ve diğ., 2015c
DBD20+50–100 ppm Al ₂ O ₃	↑ 1,3–2,7	↑ 1,7	↑ 67–77	–	↑ 4,3–6,5	↑ 4,4–6,9	Karthikeyan vd, 2014a
DBDX+50–100 ppm Al ₂ O ₃	↑ 0,8–1,4	–	–	–	–	–	Ghogare ve Kale, 2016a
DBDX+50–100 ppm Al ₂ O ₃	↑ 0,3	–	–	–	–	–	Ghogare ve Kale, 2016b
DDBDX+100 ppm Al ₂ O ₃	↑ 0,3–0,8	↑ 0,6–1,1	↑ 4,1–5,1	↑ 4–5	–	↓ 0,7–2,3	Sanjay ve diğ., 2016
DBD20+50 ppm CuO	↓ 1	↓ 8,5	↓ 10,4	↓ 10,8	–	↑ 1,4	Chandrasekaran ve diğ., 2016
DBD20+50–100 ppm ZnO	↓ 0,12–0,24	↑ 6,4	↓ 2,2	–	↑ 1,7	↑ 0,5	Karthikeyan ve diğ., 2014b
DBD20+50–100 ppm ZnO	↑ 0,12–0,36	↑ 4,8–5,9	↑ 6–10,8	↑ 4,4–11,1	–	↑ 2,9–4,7	Karthikeyan ve diğ., 2014c
DBD20+50–100 ppm ZnO	↑ 0,12–0,36	↑ 2,6–7,9	↑ 1,9–5,7	↑ 3,4–6,9	↑ 5,5	↑ 0,5–1,1	Silambaras ve Senthil, 2016
DBD20+50–100 ppm ZnO	↑ 0,12–0,35	↑ 2,7–8,1	↑ 2,1–4,2	–	↑ 1,8	↑ 1–1,5	Karthikeyan ve diğ., 2014d
DBD60+8–12 µmol/L MnO ₂	–	↓ 9,4–18,8	↓ 7,9–8,5	–	–	–	Keskin ve diğ., 2007
DBD60+8–12 µmol/L NiO	–	↓ 7,5–9,4	↓ 3,4–10,2	–	–	–	Keskin ve diğ., 2007
DBD20+50–100 ppm CeO ₂	↑ 0,2 ↓ 0,2	↓ 7–9,9	↓ 10,2 ↑ 15,3	–	–	↑ 1,2–0,7	Karthikeyan ve diğ., 2016
DBDX+0,04–0,08 g/L CeO ₂	–	↓ 6,9–12,9	↓ 10,6–16,9	–	–	↑ 0,3–1,1	Ramarao ve diğ., 2015
DBD20+50–100 ppm CeO ₂	↑ 0,3–0,6	↑ 0,03–0,09	↑ 2,6	↑ 4,4	–	↑ 3,7–5,2	Karthikeyan ve diğ., 2014e
DBD20+50 ppm CeO ₂	↑ 0,2	↓ 0,8	↑ 1,5	–	↑ 0,4	↑ 0,09	Sathiyamoorthi ve diğ., 2016
DBDX+2,5–15 ppm Ce–Zr–O ₂	↑ 0,58	↑ 1,45	↑ 2,7–5,6	–	–	–	Sajith ve diğ., 2015
DBD20+100 ppm CaCO ₃	↑ 9,5	↑ 9	–	↑ 29,7	–	↓ 4,2	D’Silva ve diğ., 2016
DBD20+100 ppm TiO ₂	↑ 12	↑ 8,5	–	↑ 25	–	↓ 0,4	D’Silva ve diğ., 2016
DBDX+%0,1–0,2 TiO ₂	–	↑ 0,9–7,1	↑ 4,3–15,1	–	↑ 0,2–2,5	↑ 1,4–18,9	Fangsuwannarak ve diğ., 2013b
DBD20+50–100 ppm CeO ₂ ve ÇTKNT bileşimi	↑ 0,001	→	↑ 3–4,5	–	↓ 1,6 ↑ 0,2	–	Karthikeyan ve Prathima, 2016
DBD10E4+100 mg/L n–Al	↓ 0,12	↓ 9,4	↑ 2	→	–	↓ 1,4	Madhukrishnaa ve diğ., 2016
DBD10E4+100 mg/L Al ₂ O ₃	↓ 0,8	↓ 8,9	–	–	↑ 23,8	↓ 1	Sahafi ve Velraj, 2015

Nano Materyallerin Dizel Yakıtı ve Emülsiyonlarının Özelliklerine Etkileri (Effects of the Nanometaterials on the Properties of Diesel Fuel and Its Emulsions)

Havacılık türbin yakıtına (kerosin) %0,1–1 oranında Al₂O₃ katılmasının viskozite, ısıl iletkenlik ve ısı transferini artırdığı, ancak ısıl değer (özellik ısı) üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Sonawane ve diğ., 2011). Dizel yakıtına katılan n–Al parçacıklarının yoğunluğu azalttığı, alevlenme (parlama) noktası sıcaklığını artırdığı, bunun yakıtın depolama ve nakliye güvenliği için önemli olduğu ve tüm karışım oranlarında kinematik viskozitenin artan sıcaklıkla azaldığı bunun ise yağlama, yakıt atomizasyonu, motor performansı, hidrokarbon (HC) emisyonu ve partikül madde (is) oluşumu açısından önemli olduğunu bildirilmiştir (Babu ve Raja, 2015). Dizel yakıtına katılan Al₂O₃ (Raj ve diğ., 2016; Venkatesan ve Kadiresh, 2015) ile Fe₂O₃ ve Fe₃O₄ (Mahendrarman ve diğ., 2016; Aalam ve diğ., 2015a) oranı arttıkça yoğunluk, viskozite, alevlenme ve tutuşma sıcaklığı ile ısıl değer arttığı çeşitli araştırmacılar tarafından belirlenmiştir. Ancak, Fe₂O₃ katkısının alevlenme ve tutuşma sıcaklığını düşürdüğü (Mahendrarman ve diğ., 2016) ve Al₂O₃ katkısının yakıt özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını gösteren (Gumus ve diğ., 2016; Sungur ve diğ., 2016) hatta alevlenme sıcaklığı ve setan sayısının Al₂O₃ katkısıyla azaldığını (Ooi ve diğ., 2016) bildiren çalışma sonuçları da vardır. Grafit oksit (GO) katkısının yoğunluğu bir miktar artırmasına rağmen viskozite, alevlenme sıcaklığı ve setan sayısı değerlerini düşürdüğü belirlenmiştir (Ooi ve diğ., 2016). CuO katkısının ise viskozite, alevlenme ve tutuşma sıcaklığını düşürdüğü (Lenin ve diğ., 2013) belirlenmiştir. MnO ve MnO₂ katkısının da viskozite, alevlenme ve tutuşma sıcaklığı ile akma ve bulutlanma noktası sıcaklığı değerlerini düşürdüğü (Lenin ve diğ., 2013; Keskin ve diğ., 2011) setan sayısını ise artırdığı (Guru ve diğ., 2002) belirlenmiştir. Setan sayısının artması tutuşma karakteristiklerini iyileştirerek tutuşma gecikmesi süresini kısaltmakta ve yanma verimini dolayısıyla motor performansını artırmaktadır. MgO katkısının viskozite, alevlenme sıcaklığı ile akma ve bulutlanma noktası sıcaklıklarında azalmaya neden

olduğu (Keskin ve diğ., 2011) CaO katkısının yakıt özelliklerine pek etkisinin olmadığı (Guru ve diğ., 2002) belirlenmiştir. Akma ve bulutlanma noktası sıcaklığının azalması özellikle soğuk havalarda motorun ilk harekete geçişini kolaylaştırması bakımından önemlidir. CeO₂ katkısının yoğunluk, viskozite, ısıl değer, alevlenme ve tutuşma sıcaklığı değerlerini artırdığı birçok çalışmada belirlenmiş (Sajeevan ve diğ., 2013; Venkatesan ve diğ., 2014; Thirumal ve diğ., 2015; Venkatesan ve Kadires, 2016), TiO₂ katkısının ise yoğunluk, viskozite ve tutuşma sıcaklığı değerlerinde az miktarda artış sağladığı bildirilmiştir (Fangsuwannarak ve diğ., 2013a). Dizel yakıtında çok tabakalı karbon nano tüpler (ÇTKNT) katılmasının ise yoğunluk, tutuşma sıcaklığı, ısıl değer ve setan sayısı değerlerinde artış sağladığı belirlenmiştir (Aalam ve diğ., 2015b). Nano alüminyum (n-Al) ve nano silikon (n-Si) parçacıklarının farklı oranlarda su içeren dizel emülsiyon yakıtlara katılmasının yoğunluk, viskozite ve setan sayısını artırırken, ısıl değeri düşürdüğü bildirilmiştir (Mehta ve diğ., 2014). Dizel-su emülsiyon yakıtlarına ÇTKNT katılmasının yoğunluk, viskozite, alevlenme ve tutuşma sıcaklığı ile setan sayısında artışa ısıl değer de ise düşüşe neden olduğu belirlenmiştir (Singh ve Bharj, 2015; Singh ve Bharj, 2016). Dizel-etanol karışımlarında viskozite ve alevlenme noktası sıcaklığının etanol katkısıyla önemli oranda azaldığı CeO₂ katkısının ise yakıt özelliklerine çok az etkisinin olduğu belirlenmiştir (Manikandan ve Sethuraman, 2014).

Nano Materyallerin Biyodizel Yakıtları ve Emülsiyonlarının Özelliklerine Etkileri (Effects of the Nanomaterials on the Properties of Biodiesel Fuels and Their Emulsions)

Farklı türden biyodizel yakıtlara n-Al, n-Ag ve nano grafit (n-G) parçacıkları katılmasının yoğunluk ve viskoziteyi artırırken alevlenme sıcaklığı ve ısıl değerde düşüşe neden olduğu tespit edilmiştir (Banapurmath ve diğ., 2014a; Banapurmath ve diğ., 2014b; Bhagwat ve diğ., 2015; Arockiasamy ve Anand, 2015). Pamuk yağı biyodizel yakıtına n-Mn parçacıkları katılmasının yoğunluk, viskozite ve tutuşma sıcaklığını düşürürken ısıl değerde bir miktar artış sağladığı belirlenmiştir (Çelik, 2016). Farklı türden biyodizel yakıtlara Al₂O₃, Fe₃O₄ ve CeO₂ katılmasının tutuşma sıcaklığı ve ısıl değerde düşüşe neden olduğu yönünde bulgular (Arockiasamy ve Anand, 2015) olmakla birlikte tüm yakıt özelliklerini artırdığı yönünde çalışma sonuçları da (Balaji ve Cheralathan) mevcuttur. Kannan ve diğ. (2011) atık kızartma yağı biyodizel yakıtına farklı oranlarda FeCl₃ katkısının yoğunluk, viskozite, alevlenme ve tutuşma sıcaklığını düşürürken setan sayısı ve ısıl değerde artış sağladığını ancak akma ve bulutlanma noktası sıcaklıkları üzerinde bir etkisinin olmadığını belirlemiştir. Sajith ve diğ. (2010) Jatropha biyodizel yakıtına katılan CeO₂ katkısının alevlenme noktası sıcaklığını artırdığını ve viskozitenin artan sıcaklıkla azaldığını ancak CeO₂ katkısının bulutlanma ve akma noktası sıcaklıkları üzerinde bir etkisinin olmadığını belirlemiştir. Karbon nano tüp (KNT) katkıların farklı türde biyodizel yakıtlara katılmasının genelde yoğunluk, viskozite, alevlenme sıcaklığı ve setan sayısında artış sağlarken ısıl değerde düşüşe neden olduğu bildirilmiştir (Balaji ve Cheralathan, 2015; Thulasi ve diğ., 2016; Tewari ve diğ., 2013). Su içeren biyodizel emülsiyon yakıtlara CeO₂ ve KNT katılmasının yoğunluk, viskozite, setan sayısı ve ısıl değerde artış sağlarken alevlenme noktası sıcaklığını düşürdüğü belirlenmiştir (Annamalai ve diğ., 2016, Basha ve Annand, 2014).

Nano Materyallerin Dizel-Biyodizel Karışımlarının Özelliklerine Etkileri (Effects of the Nanomaterials on the Properties of Diesel-Biodiesel Blends)

Dizel-palmiye yağı biyodizel karışımlarına nano biyo-polimer parçacıkları katılmasının yoğunluk ve viskozitede düşüş sağlarken, ısıl değeri artırdığı ancak alevlenme sıcaklığı üzerinde etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Fangsuwannarak ve diğ., 2016). Farklı türden biyodizel-dizel karışımlarına Al₂O₃ katılmasının yoğunluk, viskozite, alevlenme sıcaklığı ve ısıl değerde artış sağladığı belirlenmiş (Aalam ve diğ., 2015c; Karthikeyan ve diğ., 2014; Ghogare ve Kale, 2016a; Ghogare ve Kale, 2016b) olmakla birlikte ısıl değeri düşürdüğü yönünde bulgularda vardır (Sanjay ve diğ., 2016). Dizel-biyodizel karışımlarına CuO katılmasının ısıl değer dışındaki yakıt özelliklerinde düşüş sağladığı bildirilmiştir (Chandrasekaran ve diğ., 2016; Kumar ve diğ., 2017). Farklı türden biyodizel-dizel karışımlarına ZnO

katılmasının tüm yakıt özelliklerinde artış sağladığını bildiren çalışmalar (Karthikeyan ve diğ., 2014a; Silambaras ve Senthil, 2016; Karthikeyan ve diğ., 2014c) olmasına rağmen yoğunluk ve tutuma sıcaklığını azalttığı yönünde bulgular da vardır (Karthikeyan ve diğ., 2014a). Dizel-biyodizel karışımlarına Fe_3O_4 katılmasının yoğunluk ve viskozitede artış, ısı değer de ise düşüş sağladığı bildirilmiştir (Santhanamuthu ve diğ., 2014). Farklı türden biyodizel-dizel karışımlarına MnO_2 ve NiO katkısının viskozite ve alevlenme sıcaklığını düşürdüğü belirlenmiştir (Keskin ve diğ., 2007). Dizel-biyodizel karışımlarına CeO_2 katılmasının yoğunluk ve tutuşma noktası sıcaklığını düşürdüğü yönünde çalışma sonuçları (Karthikeyan ve diğ., 2016; Ramarao ve diğ., 2015) olmakla birlikte tüm yakıt özelliklerinde artış sağladığını bildiren çalışmalar da (Karthikeyan ve diğ., 2014d; Sathiyamoorthi ve diğ., 2016) vardır. Farklı oranlarda biyodizel içeren yakıt karışımlarına $Ce-Zr-O_2$ katılmasının yoğunluk, viskozite ve alevlenme sıcaklığını artırdığı bildirilmiştir (Sajith ve diğ., 2015). Dizel-biyodizel karışımlarına TiO_2 katılmasının bazı yakıt özelliklerinde artış sağlarken bazılarında ise düşüş sağladığı bildirilmiştir (D'Silva ve diğ., 2016; Fangsuwannarak ve diğ., 2013b). Dizel-biyodizel karışımına CeO_2 ile birlikte ÇTKNT katılmasının setan sayısını düşürürken tutuşma sıcaklığında artış sağladığı belirlenmiştir (Karthikeyan ve diğ., 2016). Etanol içeren dizel-biyodizel karışımlarına $n-Al$ ve Al_2O_3 katılması yoğunluk, viskozite ve ısı değerinde azalmaya neden olduğu (Madhukrishnaa ve diğ., 2016; Sahafi ve Velraj, 2015), $n-Al$ katkısının tutuşma sıcaklığını (Madhukrishnaa ve diğ., 2016) ve Al_2O_3 katkısının ise setan sayısını artırdığı (Sahafi ve Velraj, 2015) belirlenmiştir.

NANO MATERYAL İÇERİKLİ KATKILARIN EMİSYONLARA ETKİLERİ (EFFECTS OF ADDITIVES INCLUDING NANOMATERIALS ON THE EMISSIONS)

Nano Materyallerin Dizel Yakıtı ve Emülsiyonlarının Emisyonlarına Etkileri (Effects of the Nanomaterials on the Emissions of Diesel Fuel and Its Emulsions)

Nanomateriyal içerikli katkıların egzoz emisyonlarına etkileriyle ilgili sayısal değerler Çizelge 2'de verilmiştir. Dizel yakıtına katılan $n-Al$ katkısının yakılabilen yakıt miktarını artırarak CO , HC , is ve NO_x emisyonlarını azalttığı CO_2 emisyonunu ise artırdığı bildirilmiştir (Kao ve diğ., 2008; Babu ve Raja, 2015). Ancak, NO_x emisyonunun yanma sıcaklıklarının artışından dolayı $n-Al$ katkısı ile arttığı yönünde bulgular da mevcuttur (Mohan ve diğ., 2015). Dizel yakıtına $n-Ag$ katılmasının CO , HC ve NO_x emisyonlarını azalttığı CO_2 emisyonunu ise artırdığı belirlenmiştir (Saraee ve diğ., 2015). Dizel yakıtına katılan $n-Ce$ ve $n-Pt$ katkısının is emisyonunu önemli ölçüde düşürdüğünü belirlenmiştir (Jung ve diğ., 2005). Okuda ve diğ. (2009) $n-Fe$ ve $n-B$ katkısının CO ve HC emisyonlarını azalttığı NO_x emisyonunu ise artırdığı tespit etmiştir. Al_2O_3 katkısının CO , HC , is ve NO_x emisyonlarında azalma sağladığı birçok çalışmada tespit edilmiştir (Venkatesan, 2015; Raj ve diğ., 2016; Venkatesan ve Kadiresh, 2015). ZnO katkısının is ve NO_x emisyonlarında artışa neden olduğu bildirilmektedir (Selvaganapthy ve diğ., 2013). Fe_3O_4 katkısının CO ve is emisyonlarını artırırken HC ve NO_x emisyonunu azalttığı belirlenmiştir (Shafil ve diğ., 2011; Sarvestany ve diğ., 2013; Mahendrarman ve diğ., 2016; Ramachandran, 2015). Ancak, Fe_2O_3 ve Fe_3O_4 katkısının CO ve HC emisyonlarını azalttığı NO_x emisyonunu ise artırdığı yönünde bulgular da vardır (Aalam ve diğ., 2015a). CuO (Gumus ve diğ., 2016) ve Co_3O_4 (George ve diğ., 2015) katkısının ise CO , HC ve NO_x emisyonlarında iyileşme sağladığı bildirilmiştir. TiO_2 katkısının CO emisyonunda azalma sağlamasına rağmen, diğer emisyonlara etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Ooi ve diğ., 2016). MnO ve MnO_2 ile MgO katkısının yanmayı iyileştirerek CO ve is emisyonlarında azalma NO_x ve CO_2 emisyonlarında artışa neden olduğu tespit edilmiştir (Lenin ve diğ., 2013; Keskin ve diğ., 2011). CaO katkısının yanma verimini artırarak CO emisyonunda azalma CO_2 artış meydana getirdiği belirtilmiştir (Guru ve diğ., 2002). Dizel yakıtına CeO_2 katılmasının tüm emisyon değerlerinde azalma sağladığı birçok çalışmada tespit edilmiştir (Sajeevan ve diğ., 2013; Selvan ve diğ., 2009; Venkatesan ve diğ., 2014; Zhang ve diğ., 2013; Narasiman ve diğ., 2015; Aalam ve Alagappan, 2015; Thirumal ve diğ., 2015; Venkatesan ve Kadiresh, 2016). Dizel yakıtına ÇTKNT katkısının CO ve HC emisyonlarını artırırken is ve NO_x emisyonlarında azalma sağladığı bildirilmiştir (Aalam ve diğ., 2015). Farklı oranlarda su içeren dizel emülsiyon yakıtlara $n-Al$ katkısının CO , HC , is ve NO_x emisyonlarında azalma

sağladığı (Basha ve Annand, 2011a) n-Al ve n-Si katkısının ise HC ve NO_x emisyonlarında artışa neden olduğu (Mehta ve diğ., 2014) bildirilmiştir. Farklı oranlarda su içeren dizel emülsiyon yakıtlara ÇTKNT katılmasıyla tutuşma gecikmesi süresinin kısılması ve yanma veriminin artması sonucu CO, HC, is ve NO_x emisyonlarında azalma CO₂ emisyonunda ise artış olduğu tespit edilmiştir (Singh ve Bharj, 2015; Singh ve Bharj, 2016). Farklı oranlarda etanol içeren dizel emülsiyon yakıtlarına Al₂O₃ ve CeO₂ katılmasının CO, HC, is ve NO_x emisyonlarında azalma sağladığı bildirilmiştir (Chaudhari ve diğ., 2014; Mehregan ve Moghiman, 2014).

Çizelge 2. Nanomateryal içerikli katkıların egzoz emisyonlarına etkileri

Table 2. Effects of the additives including nanomaterials on the emissions

Ana yakıt+katkı	CO (%değişim)	HC (%değişim)	PM-is (%değişim)	NO _x (%değişim)	CO ₂ (%değişim)	Kaynak
D+30-50 cc/L n-Al	-	-	↓	↓	-	Kao ve diğ., 2008
D+25-75 ppm n-Al	↑	↑	↓	↓	↑	Babu ve Raja, 2015
D+%0,5 n-Al	↓ 25-40	↓ 8	-	↑ 3-5	-	Mohan ve diğ., 2015
D+10-40 ppm n-Ag	-	↓ 4-28	-	↓ 13-23	↑	Saraee ve diğ., 2015
D+ n-Ce ve n-Pt	-	-	↓ 23-54	-	-	Okuda ve diğ., 2009
D+n-Fe, n-Al, n-B	↓ 25-40	↓ 4-8	-	↑ 3-5	-	Mehta ve diğ., 2014
D+1-1,5 g/L Al ₂ O ₃	↓ 22,8-28,6	↓ 29,6-35,2	↓ 10,3-14,5	↓ 30,7	-	Venkatesan, 2015
D+25-50 ppm Al ₂ O ₃	↓ 40-50	↓ 40-45	↓ 20-30	↓ 23	-	Raj ve diğ., 2016
D+250-1000 ppm Al ₂ O ₃	-	↓ 13-18	↓ 12	↓ 36	-	Venkatesan ve Kadiresh, 2015
D+250-500 ppm ZnO	-	-	↑ 1,1-2,1	↑ 0,2-0,7	-	Selvaganapthy ve diğ., 2013
D+%0,4-0,8 Fe ₃ O ₄	↑	-	-	↓	-	Shafil ve diğ., 2011
D+%0,4-0,8 Fe ₃ O ₄	↑ 100-125	-	↑	↓ 56-67	-	Sarvestany ve diğ., 2013
D+150-300 mg/L Fe ₃ O ₄	↑	↓ 30	-	↓ 22	-	Mahendrarman ve diğ., 2016
D+%4-12 Fe ₃ O ₄	↑	-	-	↓	-	Ramachandran, 2015
D+25-50 ppm Fe ₂ O ₃ ve Fe ₃ O ₄	↓ 48-52	↓	-	↑ 2,2-11,2	-	Aalam ve diğ., 2015
D+25-100 ppm Al ₂ O ₃	↓ 11	↓ 13	-	↓ 6	-	Gumus ve diğ., 2016
D+50 ppm CuO	↓ 5	↓ 8	-	↓ 2	-	Gumus ve diğ., 2016
D+50 ppm Al ₂ O ₃ ve Co ₃ O ₄	↓ 20	↓ 15-20	-	↓	-	George ve diğ., 2015
D+100-300 ppm Al ₂ O ₃	↓ 72,7	-	-	→	→	Sungur ve diğ., 2016
D+100-300 ppm TiO ₂	↓ 18,2	-	-	→	→	Ooi ve diğ., 2016
D+200 mg/L MnO	↓ 37	-	-	↓ 4	-	Lenin ve diğ., 2013
D+8-16 μmol/L MnO ₂	↓ 16,4	-	↓ 29,8	↑	↑ 2,9	Keskin ve diğ., 2011
D+8-16 μmol/L MgO	↓ 13,4	-	↓ 17,9	↑	↑ 2,8	Keskin ve diğ., 2011
D+MnO ₂ , MgO, CuO, CaO	↓ 14,3	-	-	-	↑ 7,4	Guru ve diğ., 2002
D+50 cc/L CeO ₂	-	↓ 40-45	-	↓ 30	-	Sajeevan ve diğ., 2013
D+25 ppm CeO ₂	↓	↓	-	-	-	Selvan ve diğ., 2009
D+ 50 cc/L CeO ₂	-	↓ 31,2	↓ 10,3	↓ 17	-	Venkatesan ve diğ., 2014
D+0,05-5 mL/L CeO ₂	↓ 10,6-14,6	-	↓ 11-46,1	↓ 8,7-27,8	↓ 5,6-11,3	Zhang ve diğ., 2013
D+25 ppm CeO ₂	↑	↓	-	↑	-	Narasiman ve diğ., 2015
D+25-50 ppm CeO ₂	↓ 48-58	↓ 35	↓ 36,1	↑ 3,5-11,5	-	Aalam ve Alagappan, 2015
D+25-50 ppm CeO ₂	↓ 35,7	↑	↓ 10-15	↓ 9,2-14	-	Thirumal ve diğ., 2015
D+50 cc/L CeO ₂	-	↓ 31,5	↓ 10,5	↓ 17	-	Venkatesan ve Kadiresh, 2016
D+%0,2 TiO ₂	↓ 76-85	-	-	↓	↓	Fangsuwannarak ve diğ., 2013
D+25-50 ppm ÇTKNT	↑ 36,7-53	↑ 14,3-28,6	↓ 10-16	↓ 14,9-27,6	-	Aalam ve diğ., 2015
DW15+25-100 ppm n-Al	↓ 10-20	↓ 9,9-22	↓ 1-5	↓ 2-11,7	-	Basha ve Annand, 2011a
DW1+%0,1 n-Al	-	↑ 4	-	↑ 5	-	Mehta ve diğ., 2014
DW1+%0,1 n-Si	-	↑ 9	-	↑ 4	-	Mehta ve diğ., 2014
DW15+50-150 ppm ÇTKNT	↓	↓ 17,7	-	↓ 17,6-33,8	↑	Singh ve Bharj, 2015
DW20+50-150 ppm ÇTKNT	↓	↓ 10-24	↓ 6-17	↓ 15,6-26,8	↑	Singh ve Bharj, 2016
DW5+%3 Flyash	↓	↓ 31,4-34,3	-	↓ 7,5-10	↓ 0,7-1,2	Chaudhari ve diğ., 2014
n-Dekan+n-Al	↓	-	-	↓	-	Mehregan ve Moghiman, 2014
DE10+10-20 g/L CeO ₂	-	↓	↓	↓	-	Manikan ve Sethuraman,

						2014
DE15+50-75 ppm Al ₂ O ₃	↓ 19	↓ 10,9	↓ 11,1	↑	-	Ganesh ve Reddy, 2016
BD+50 ppm n-Al		↓ 13,3	↓ 11	↓ 20,8	-	Basha ve Annand, 2013
BD+100 mg/L n-Al-Mg	↓ 66	↓ 70	-	↓ 34	-	Ganesh ve Gowrishankar, 2011
BD+50 ppm n-Ag	↓	↓	↓	↓	-	Banapurmath ve diğ., 2014a
BD+50 ppm n-G	↓	↓	↓	↓	-	Banapurmath ve diğ., 2014a
BD+25-50 ppm n-Ag	↓	↓	-	↓	-	Banapurmath ve diğ., 2014b
BD+25-50 ppm n-G	↓	↓	↓	↓	-	Bhagwat ve diğ., 2015
BD+4-16 µmol/L n-Mn	↓ 3,8-16	↓ 4,1-5	↓ 0,7-3,9	↑ 5,1-22,2	-	Çelik, 2016
BD+25 ppm/L CeO ₂	↑	↓	-	↑	-	Narasiman ve diğ., 2015
BD+50 cc/L CeO ₂	-	↓ 50	↓ 14,5	↓ 23,5	-	Venkatesan ve Kadires, 2016
BD+30 ppm/L CeO ₂	↓ 20	↓ 28	↓ 20	↓ 7	-	Arockiasamy ve Anand, 2015
BD+30 ppm/L Al ₂ O ₃	↓ 20	↓ 33	↓ 17	↓ 9	-	Arockiasamy ve Anand, 2015
BD+100-300 ppm Al ₂ O ₃	↓ 8,1-16,6	↓ 3,8-10,4	↓ 3,1-8,6	↓ 3,1-7,2	↓ 2,1-6,1	Balaji ve Cheralathan
BD+5-50 µmol/L FeCl ₃	↓	↓ 26,6-63,7	↓ 21,8	↑ 4,1	↑ 14,2	Yuvarajan ve Ramanan, 2016
BD+%1 Fe ₃ O ₄	↓ 2,7	↓ 5,8	-	↓ 7,7	-	Kannan ve diğ., 2011
BD+100 mg/L Co ₃ O ₄	↓ 50	↓ 83	-	↓ 47	-	Ganesh ve Gowrishankar, 2011
BD+150 mg/L Co ₃ O ₄	↓ 30	↓ 80	-	↑	-	Jeryraj Kumar ve diğ., 2016
BD+150 mg/L TiO ₂	↓ 25	↓ 70	-	↑	-	Jeryraj Kumar ve diğ., 2016
BD+ Rh ₂ O ₃	↓ 45	↓ 45	-	↓ 37	-	Manibharathi ve diğ., 2014
BD+20-80 ppm CeO ₂	↓↑	↓ 25-40		↓ 30	-	Sajith ve diğ., 2010
BD+25-50 ppm KNT	↓	↓ 18,3-23,3	↓ 7-10	↓ 21,9-23,2	-	Basha ve Annand, 2013
BD+100-300 ppm KNT	↓ 8,6-16,2	↓ 3,7-10,4	↓ 3,2-8,4	↓ 2,9-7,3	-	Balaji ve Cheralathan, 2015
BD+100 ppm KNT	↓	↓ 38,5	-	↓ 21,2	-	Thulasi ve diğ., 2016
BD+50 ppm ÇTKNT	↓	↓	↓	↓	-	Banapurmath ve diğ., 2014a
BD+25-50 ppm ÇTKNT	↓ 33,3-53,3	↓ 14,6-29,3	↓ 19,2-32,2	↑ 3,5-29,3	-	Tewari ve diğ., 2013
BDW15+25-100 ppm n-Al	↓	↓ 4,7-18,6	↓ 2-8	↓ 5,1-12	-	Basha ve Annand, 2011b
BDW15+50 ppm CeO ₂	↓	↓ 2	-	↓ 11,8	-	Anbarasu, 2015
BDW5+30 ppm CeO ₂	↓ 15,7	↓ 16	↓ 6,4	↓ 24,8	-	Annamalai ve diğ., 2016
BDW5+25-100 ppm KNT	↓ 11,8-29,4	↓ 5-10	↓ 3-11	↓ 2,8-9,1	-	Basha ve Annand, 2014
BDE20+25 ppm TiO ₂	↑	↑	↑	↓	↓	Venu ve Madhavan, 2016
BDE20+25 ppm ZrO ₂	↑	↑	↓	↓	↓	Venu ve Madhavan, 2016
DBD10+%1,5 n-Cu	→	↑	↓	↓ 16,3	↓	Balamurugan ve diğ., 2013
DBDX+0,04-0,16 g/L n-BP	↓ 14,3-84,7	-	-	↓ 63,2-94,5	↓ 53,3-84,7	Fangsuwannarak ve diğ., 2016
DBD20+25-75 ppm Al ₂ O ₃	↓	↓	-	↑	-	Kumar ve diğ., 2016
DBD20+30 mg/L Al ₂ O ₃	↓	↓	-	↓	-	Ramesh ve diğ., 2016
DBD25+25-50 ppm Al ₂ O ₃	↓ 22,2-51,1	↓ 25-36,1	↓ 15-20	↑ 9,8-18,5	-	Aalam ve diğ., 2015
DBD20+50-100 ppm Al ₂ O ₃	↓	↓	↓	↓	-	Karthikeyan ve diğ., 2014a
DBDX+50-100 ppm Al ₂ O ₃	-	-	↓ 7	-	-	Ghogare ve Kale, 2016a
DBDX +50-100 ppm Al ₂ O ₃	-	-	↓	-	-	Ghogare ve Kale, 2016b
DBDX+100 ppm Al ₂ O ₃	↓ 25	↓ 15	↓ 25	-	-	Sanjay ve diğ., 2016
DBD20+50-150 ppm Al ₂ O ₃	↓ 19	↓ 14,8	-	↓ 4,3	-	Prakash ve diğ., 2016
DBD20+40-80 ppm Al ₂ O ₃	↓ 19	↓ 6,8-8	↓ 3,2-5,9	↑ 3,5-3,7	-	Aalam ve Saravanan, 2015
DBD20+40-120 ppm CuO	↓	↓	-	↓	-	Jayanthi ve diğ., 2016
DBD20+50 ppm CuO	↓	↓	↓	↑	↑	Chandrasekaran ve diğ., 2016
DBD20+50 ppm CuO	↓	↓	↓	-	↓	Kumar ve diğ., 2017
DBD20+50 ppm MgO	↓	↓	↓	-	↓	Kumar ve diğ., 2017
DBD20+50-100 ppm ZnO	↓	↓	↓	→	-	Karthikeyan ve diğ., 2014b
DBD20+50-100 ppm ZnO	↓	↓	↓	↑	↑	Karthikeyan ve diğ., 2014c
DBD20+50-100 ppm ZnO	↓ 14,8	↓ 4,8	↓ 7,1	↓ 3,8	-	Silambarasan ve Senthil, 2016
DBD20+50-100 ppm ZnO	↓	↓	-	↑	-	Karthikeyan ve diğ., 2014d
DBD20+40-80 ppm Fe ₃ O ₄	↓ 17	↓ 4,5-5,7	↓ 5,9-10,2	↑ 4,6-5,6	-	Aalam ve Saravanan, 2015
DBDX+100-300 ppm Fe ₃ O ₄	↓	↓ 10-20	↓ 10-15	↓ 50	↑	Santhanamuthu ve diğ., 2014
DBD60+8-12 µmol/L MnO ₂	↓ 64,3	-	↓ 30,3	↑	-	Keskin ve diğ., 2007
DBD60+8-12 µmol/L NiO	↓	-	↓	↓	-	Keskin ve diğ., 2007
DBDX+Rh ₂ O ₃	↓ 20	↓ 25	-	↓ 17	-	Manibharathi ve diğ., 2015

DBDX+3 mg/L CeO ₂	-	↓	↑	↓	-	Ingle ve diğ., 2016
DBD20+50-100 ppm CeO ₂	↓	↓	-	↓	-	Karthikeyan ve diğ., 2016
DBDX+0,04-0,08 g/L CeO ₂	↓	↓	-	↓	-	Ramarao ve diğ., 2015
DBD20+50-100 ppm CeO ₂	↓	↓	-	↓	-	Karthikeyan ve diğ., 2014e
DBD20+50 ppm CeO ₂	↓ 3,4	↓ 2,7	↓ 4,4	↓ 8,4	-	Sathiyamoorthi ve diğ., 2016
DBDX+2,5-15 ppm Ce-Zr-O ₂	-	↓	-	↓ 15	-	Sajith ve diğ., 2015
DBD20+100 ppm CaCO ₃	-	-	↑-↓	↓	-	D'Silva ve diğ., 2016
DBD20+100 ppm TiO ₂	-	-	↓ 16	↑	-	D'Silva ve diğ., 2016
DBDX+%0,1-0,2 TiO ₂	↓ 29	↓	-	↓	↓	Fangsuwannarak ve diğ., 2013
DBD20+250-500 ppm TiO ₂	↓ 15,4-38,5	↓ 19,2-26,9	↓	↑ 2,3-4,7	-	Prabhu ve diğ., 2015
DBDX+30-90 ppm CeO ₂ ve ÇTKNT	↓ 38,8	↓ 71,4	↓ 26,3	↓ 18,9	-	Mirzajanzadeh ve diğ., 2015
DBD20+30-90 ppm CeO ₂ ve ÇKKNT	↓	↓	↓	↓	-	Karthikeyan ve Prathima, 2016
DBD20+30 ppm ÇTKNT	↓ 14	↓ 22	-	-	↑ 23	Ghafoori ve diğ., 2015
DBD10E4+100 mg/L n-Al	↑-↓	↑-↓	-	↑ 2,6	↓	Madhukrishnaa ve diğ., 2016
DBD10E4+100 mg/L Al ₂ O ₃	↑66-↓ 40	↓	-	↑	↓ 3,3	Sahafi ve Velraj, 2015
DBD10E20+25-100 ppm CeO ₂ ve KNT	↑ 28,6	↓ 39,2	↑-↓ 47,6	↓ 9,8-↑	-	Selvan ve diğ., 2014

Nano Materyallerin Biyodizel Yakıtları ve Emülsiyonlarının Emisyonlarına Etkileri (Effects of the Nanometaterials on the Emissions of Biodiesel Fuels and Their Emulsions)

Jatropha yağı biyodizel yakıtına katılan n-Al ve n-Al-Mg katkısının hızlı buharlaşma ve tutuşma gecikmesi süresinde kısalma sağladığı ve bunun sonucunda yanmanın iyileşmesiyle CO, HC, is ve NO_x emisyonlarında azalma olduğu bildirilmiştir (Basha ve Annand, 2013; Ganesh ve Gowrishankar, 2011). Benzer şekilde, Honge yağı biyodizel yakıtına n-Ag ve n-G katkılarının katalizör etkisi sayesinde yanmayı iyileştirmesi sonucunda CO, HC, is ve NO_x emisyonlarında düşüş olduğu belirlenmiştir (Banapurmath ve diğ., 2014a; Banapurmath ve diğ., 2014b; Bhagwat ve diğ., 2015). Pamuk yağı biyodizel yakıtına katılan n-Mn yanma verimini artırarak CO, HC ve is emisyonlarında azalma sağladığı ancak artan yanma sıcaklıkları nedeniyle NO_x emisyonunun arttığı bildirilmiştir (Çelik, 2016). Jatropha yağı biyodizel yakıtına katılan CeO₂ katkısının yapısındaki oksijen ve katalizör etkisi sayesinde yanma verimini artırıp CO, HC, is ve NO_x emisyonlarında azalma sağladığı bildirilmiştir (Venkatesan ve Kadires, 2016; Arockiasamy ve Anand, 2015). Benzer şekilde, Jatropha yağı ve Neem yağı biyodizel yakıtlarına Al₂O₃ katılmasının tüm emisyon değerlerinde azalma sağladığı tespit edilmiştir (Arockiasamy ve Anand, 2015; Balaji ve Cheralathan). Atık yağ biyodizel yakıtına FeCl₃ katkısının CO, HC ve is emisyonlarında düşüşe, NO_x ve CO₂ emisyonlarında ise artışa neden olduğu bildirilmiştir (Yuvarajan ve Ramanan, 2016). Mustard yağı biyodizel yakıtına %1 oranında Fe₃O₄ katılmasının yanma karakteristiklerini iyileştirmesi sonucunda CO, HC ve NO_x emisyonlarında düşüş sağladığı belirlenmiştir (Kannan ve diğ., 2011). Co₃O₄ katkısının Jatropha yağı biyodizel yakıtına katılmasıyla CO, HC ve NO_x emisyonlarında düşüş (Ganesh ve Gowrishankar, 2011) Calophyllum yağı biyodizel yakıtına katılması durumunda ise CO ve HC emisyonlarında düşüş ve yanma sıcaklıklarındaki artış nedeniyle NO_x emisyonunda artış olduğu bildirilmiştir (Jeryrajkumar ve diğ., 2016). Benzer değişim Calophyllum yağı biyodizel yakıtına TiO₂ katılması durumunda da gözlemlenmiştir (Jeryrajkumar ve diğ., 2016). Pongamia yağı biyodizel yakıtına Rh₂O₃ katkısının yanma odasında daha homojen bir yakıt hava karışımı oluşturarak CO, HC ve NO_x emisyonlarında azalma sağladığı belirlenmiştir (Manibharathi ve diğ., 2014). Farklı türden biyodizel yakıtlara KNT ve ÇTKNT katılmasının tüm emisyonlarda önemli iyileşmeler sağladığı tespit edilmiştir (Basha ve Annand, 2013; Banapurmath ve diğ., 2014a; Balaji ve Cheralathan, 2015; Thulasi ve diğ., 2016; Tewari ve diğ., 2013). Farklı oranlarda su içeren biyodizel emülsiyon yakıtlara n-Al, CeO₂ ve KNT katkısının emisyon değerlerinde iyileşme sağladığı bildirilmiştir (Basha ve Annand, 2011b; Anbarasu, 2015; Annamalai ve diğ., 2016; Basha ve Annand, 2014). Jatropha yağı biyodizel-etanol karışım yakıtına katılan TiO₂ ve ZrO₂'in yanma sırasında ilave oksijen sağlayarak yanma veriminin artmasını sağladığı ifade edilmiştir. Ancak, etanol katkısının yanma sıcaklıklarını

düşürmesi sonucunda NO_x ve CO₂ emisyonlarında azalma CO, HC ve is emisyonlarında artış olduğu tespit edilmiştir (Venu ve Madhavan, 2016).

Nano Materyallerin Dizel-Biyodizel Karışımlarının Emisyonlarına Etkileri (Effects of the Nanometaterials on the Emissions of Diesel-Biodiesel Blends)

Dizel-Soya yağı biyodizel yakıt karışımına katılan n-Cu katkısının yanma odasında CuO oluşturması sonucu NO_x emisyonunda azalma sağladığı ve oluşan CuO'nun yakılabilen karbon miktarını artırarak is emisyonunu azalttığı, ancak n-Cu katkısının CO, HC ve CO₂ emisyonlarına önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Balamurugan ve diğ., 2013). Dizel-Palmiye yağı biyodizel yakıt karışımlarına katılan nano biyopolimer parçacıklarının katalizör etkisi sayesinde CO, NO_x ve CO₂ emisyonlarında azalttığı belirtilmiştir (Fangsuwannarak ve diğ., 2016). Farklı türde biyodizel-dizel yakıt karışımlarına Al₂O₃ katılmasının CO, HC, is ve NO_x emisyonlarını azalttığı yönünde bulgular (Kumar ve diğ., 2016; Ramesh ve diğ., 2016; Aalam ve diğ., 2015c; Karthikeyan ve diğ., 2014a; Ghogare ve Kale, 2016a; Ghogare ve Kale, 2016b; Sanjay ve diğ., 2016; Prakash ve diğ., 2016; Aalam ve Saravanan, 2015) olmakla birlikte, Al₂O₃ katkısıyla NO_x emisyonlarının arttığı yönünde bulgular (Kumar ve diğ., 2016; Aalam ve diğ., 2015c; Aalam ve Saravanan, 2015) da vardır. Farklı türde biyodizel-dizel yakıt karışımlarına CuO ve MgO katılmasının CO, HC, is, NO_x ve CO₂ emisyonlarını azalttığı yönünde sonuçlar (Jayanthi ve diğ., 2016; Chandrasekaran ve diğ., 2016; Kumar ve diğ., 2017) olmasına karşın, CuO katkısıyla NO_x ve CO₂ emisyonlarının arttığı yönünde sonuçlar (Chandrasekaran ve diğ., 2016) da bulunmaktadır. Farklı türde biyodizel-dizel yakıt karışımlarına ZnO katılmasının CO, HC, is ve NO_x emisyonlarını azalttığı yönünde bulgular (Karthikeyan ve diğ., 2014b; Karthikeyan ve diğ., 2014c; Silambarasan ve Senthil, 2016; Karthikeyan ve diğ., 2014d) olmasına rağmen, ZnO katkısıyla NO_x ve CO₂ emisyonlarının arttığı yönünde bulgular (Karthikeyan ve diğ., 2014c; Karthikeyan ve diğ., 2014d) da mevcuttur. Farklı türde biyodizel-dizel yakıt karışımlarına katılan Fe₃O₄'in içeriğindeki oksijen sayesinde genel olarak emisyon değerlerinde azalama sağladığı ancak NO_x emisyonunun artan oksijen konsantrasyonu sebebiyle artış gösterdiği bildirilmiştir (Aalam ve Saravanan, 2015; Santhanamuthu ve diğ., 2014). Dizel-Tall yağı biyodizel karışımına MnO₂ ve NiO katılması ile CO ve is emisyonlarında azalma olduğu, NO_x emisyonunun ise NiO katkısı ile azalırken yanma sıcaklıklarındaki artışa bağlı olarak MnO₂ katkısı ile artış gösterdiği tespit edilmiştir (Keskin ve diğ., 2007). Dizel-Pongamia yağı biyodizel karışımlarına katılan Rh₂O₃'in içeriğindeki oksijen sayesinde CO, HC ve is emisyonlarında azalma sağladığı bildirilmiştir (Manibharathi ve diğ., 2015). Farklı türde biyodizel-dizel yakıt karışımlarına CeO₂ ve Ce-Zr-O₂ katılmasının genel olarak emisyon değerlerinde azalma sağladığı birçok çalışmada tespit edilmiştir (Ingle ve diğ., 2016; Karthikeyan ve diğ., 2016; Ramarao ve diğ., 2015; Bafghi ve diğ., 2015; Karthikeyan ve diğ., 2014e; Sathiyamoorthi ve diğ., 2016; Sajith ve diğ., 2015). Dizel-Pongamia yağı biyodizel karışımına CaCO₃ katkısının NO_x emisyonunda azalma sağlarken is emisyonuna pek etkisinin olmadığı belirlenmiş, TiO₂ katkısının ise is emisyonunda azalma sağlarken NO_x emisyonunda artışa neden olduğu bildirilmiştir (D'Silva ve diğ., 2016). Farklı türde biyodizel-dizel yakıt karışımlarına TiO₂ katılmasının CO, HC ve is emisyonlarında iyileşme sağladığı ancak NO_x emisyonunda artış olduğu rapor edilmiştir (Fangsuwannarak ve diğ., 2013b; Prabhu ve diğ., 2015). Farklı türde biyodizel-dizel yakıt karışımlarına ÇTKNT katılmasının genel olarak CO, HC, is ve NO_x emisyonlarında azalma sağladığı çeşitli çalışmalarda tespit edilmiştir (Mirzajanzadeh ve diğ., 2015; Karthikeyan ve Prathima, 2016; Ghafoori ve diğ., 2015). Etanol içeren dizel-biyodizel yakıt karışımlarında farklı türden nano materyaller kullanıldığında ise CO emisyonunda artış, HC emisyonunda düşüş ve NO_x emisyonunda artış olduğu yönünde sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar üzerinde etanolün etkisinin olduğu belirtilmiştir (Madhukrishnaa ve diğ., 2016; Sahafi ve Velraj, 2015; Selvan ve diğ., 2014).

SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND RECCOMANDATIONS)

Bu çalışma, dizel, biyodizel, su içeren emülsiyon yakıtları ve çeşitli yakıt karışımları gibi farklı dizel motor yakıtlarında nano materyal içerikli katkıların kullanımı üzerine yapılmış çalışmaların sonuçlarından derlenmiştir. Yapılan bu derleme sonucunda çeşitli nano materyal içerikli katkıların dizel, biyodizel, emülsiyon yakıtları ve çeşitli yakıt karışımlarının özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılabileceği görülmüştür. Elde edilen bulguların ışığında aşağıdaki sonuçlar özetlenebilir.

- Nano materyal içerikli katkıların genelde tutuşma ve alevlenme noktası sıcaklıklarını artırdığından yakıtın depolanması ve nakledilmesi hususunda bir avantaj oluşturmaktadır. Ancak, tutuşma noktası sıcaklığının dizel yakıtına katılan grafit oksit (Ooi ve diğ., 2016), CuO (Lenin ve diğ., 2013), MnO ve MnO₂ (Guru ve diğ., 2002) ve MgO (Keskin ve diğ., 2011) katkılarıyla azaldığına dair çalışma sonuçları da mevcuttur. Ayrıca, farklı biyodizel yakıtlara katılan n-Al, n-Ag, nano grafit (Banapurmath ve diğ., 2014a; Banapurmath ve diğ., 2014b) ve n-Mn (Çelik, 2016) parçacıkları ile Al₂O₃, Fe₃O₄, CeO₂ (Arockiasamy ve Anand, 2015) ve FeCl₃ (Kannan ve diğ., 2011) gibi nano akışkanların tutuşma noktası sıcaklığını düşürdüğü yönünde de sonuçlar bulunmaktadır.
- Nano materyal içerikli katkıların akma ve bulutlanma noktası sıcaklıklarını düşürmesi sayesinde (Lenin ve diğ., 2013; Keskin ve diğ., 2011) soğuk havalarda motorun ilk harekete geçişini kolaylaştırabileceği ifade edilmektedir.
- Nano materyal katkıların artırılmış yüzey alanı/hacim oranı, artırılmış radyasyon/kütle transfer özellikleri ve iyi tutuşma özellikleri sayesinde yanmanın iyileşmesinde iyi bir katalizör etkisi yapabileceği ifade edilmektedir (Jose ve Anand, 2011).
- Nano materyal içerikli katkıların yanma sırasında oluşan suyun oksijeni ile reaksiyona girip hidrojenin serbest kalmasını sağlayarak yanma esnasında daha fazla enerjinin açığa çıkmasına katkı sağladığı belirtilmektedir. Ayrıca, emülsiyon yakıtlara nano materyal içerikli katkıların katılmasının yanma sırasında mikro patlamalar meydana getirerek yanma odasında ikincil atomizasyonlar oluşturup yanma verimini dolayısıyla motor performansını artırıp emisyonları azaltacağı yönünde bulgular mevcuttur (Ghogardare ve Hudgikar, 2016; Soni ve diğ., 2015).
- Genel olarak nano materyal içerikli katkıların setan sayısı ve ısıl değeri artırdığı belirtilmektedir. Bunun ise yanma verimini artırarak motor performansını iyileştireceği ifade edilmektedir (Khond ve Kriplani, 2016). Ancak, setan sayısının grafit oksit, Al₂O₃ (Ooi ve diğ., 2016), CeO₂ ve ÇTKNT (Karthikeyan ve diğ., 2016) katkılarıyla azaldığı yönünde de bulgular vardır. Ayrıca, nano silikon (Mehta ve diğ., 2014), nano grafit (Banapurmath ve diğ., 2014a; Banapurmath ve diğ., 2014b), KNT (Tewari ve diğ., 2013), ÇTKNT (Singh ve Bharj, 2015) ile CeO₂ (Arockiasamy ve Anand, 2015) katkılarının ısıl değeri düşürdüğü yönünde sonuçlar da bulunmaktadır.
- Nano materyal içerikli katkıların aktivasyon enerjilerinin yüksek olması nedeniyle yanma odasındaki karbon birikintilerini yakarak daha düşük HC ve is emisyonu sağlayabileceği belirtilmektedir (Ghogardare ve Hudgikar, 2016; Soni ve diğ., 2015). Ancak, n-Al ve n-Si (Mehta ve diğ., 2014) ile ÇTKNT (Aalam ve diğ., 2015) katkılarının HC emisyonlarında artışa neden olduğunu bildiren sonuçlar da bulunmaktadır.
- Özellikle içeriğinde oksijen bulunan nanomateryallerin CO, HC ve is gibi eksik yanma ürünü olan emisyonların azaltılmasına katkı sağladığı yönünde bulgular çoğunluktadır. Bunun sonucunda tam yanma ürünü ve aynı zamanda sera gazı olan CO₂ oranında artış meydana geldiği birçok çalışmada belirtilmektedir. Yanma sıcaklıklarında ve oksijen miktarındaki artışa bağlı olarak NO_x emisyonlarının nanomateryal içerikli katkılarla arttığı yönünde bulgular çoğunluktadır. Ancak, Al₂O₃ (Venkatesan, 2015), Fe₃O₄ (Shafil ve diğ., 2011), CeO₂ (Chaudhari ve diğ., 2014) ve ÇTKNT (Aalam ve diğ., 2015) katkılarının NO_x emisyonlarında azalma sağladığı da tespit edilmiştir.
- Suyu emülsiyonlaştırılmış yakıtlarda ve etanol içeren yakıt karışımlarında emülsiyonu oluşturan etanol veya suyun etkilerinin baskın hale geldiği ve yanma sıcaklıklarının düşmesi nedeniyle

NO_x emisyonlarının azaldığı bildirilmektedir. Ancak, bu durumda düşük yanma sıcaklıklarının CO, HC ve is gibi eksik yanma ürünlerini genelde arttığı belirtilmektedir. Ancak, etanol içeren dizel emülsiyon yakıtlarına Al₂O₃ ve CeO₂ katılmasının CO, HC ve is emisyonlarında azalma sağladığı da bildirilmiştir (Chaudhari ve diğ., 2014; Mehregan ve Moghiman, 2014).

- Nano materyal içerikli katkıların yakıt sistemi elemanlarına, motor elemanlarına ve egzoz gazı cihazlarına etkileri ile ekonomiklik ve çevre etkileri açısından da ayrıntılı olarak incelenmesi ve değerlendirilmesi gerekir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Aalam, C.S., Alagappan N., 2015, "Cerium Oxide Nano Particles as Additive with Diesel Fuel on DI Diesel Engine", *International Journal of Innovative Research and Creative Technology*, Vol. 1, No. 2, pp. 215-219.
- Aalam, C.S., Saravanan, C.G., 2015, "Performance Enhancement of Common-Rail Diesel Engine Using Al₂O₃ and Fe₃O₄ Nanoparticles Blended Biodiesel", *International Research Journal of Engineering and Technology*, Vol. 2, No. 5, pp. 1400-1410.
- Aalam, C.S., Saravanan, C.G., Premanand, B., 2015a, "Influence of Iron (II, III) Oxide Nano-Particles Fuel Additive on Exhaust Emissions and Combustion Characteristics of CRDI System Assisted Diesel Engine", *Int J Adv Eng Res Sci*, Vol. 2, No. 3, pp. 23-28.
- Aalam, C.S., Saravanan, C.G., Kannan, M., 2015b, "Experimental Investigation on CRDI System Assisted Diesel Engine Fuelled by Diesel with Nanotube", *American Journal of Engineering and Applied Science*, Vol. 8, No. 3, pp. 380-389.
- Aalam, C.S., Saravanan, C.G., Kannan, M., 2015c, "Experimental Investigations on A CRDI System Assisted Diesel Engine Fuelled with Aluminium Oxide Nanoparticles Blended Biodiesel", *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 54, No. 3, pp. 351-358.
- Amit, Kumar, S., 2015, "Impact on the Performance of Direct Compression Ignition Engine by Adding Nano-Particle in Biodiesel", *Journal of Material Science and Mechanical Engineering*, Vol. 2, No. 7, pp. 7-9.
- Anbarasu, A., Karthikeyan, A., 2015, "Performance and Emission Characteristics of A Diesel Engine Using Cerium Oxide Nanoparticle Blended Biodiesel Emulsion Fuel", *ASCE J Energy Eng*, pp. 1-7.
- Annamalai, M., Dhinesh, B., Nanthagopal, K., SivaramaKrishnan, P., Lalvani, J.I.J.R., Parthasarathy, M., Annamalai, K., 2016, "An Assessment on Performance, Combustion and Emission Behavior of A Diesel Engine Powered by Ceria Nanoparticle Blended Emulsified Biofuel", *Energy Conversion and Management*, Vol. 123, pp. 372-380.
- Arockiasamy, P., Anand, R.B., 2015, "Performance, Combustion and Emission Characteristics of A DI Diesel Engine Fuelled with Nano Particle Blended Jatropa Biodiesel", *Period Polytech Mech Eng*, Vol. 59, No. 2, pp. 88-93.
- Babu, K.R., Raja, R.B., 2015, "Theoretical and Experimental Validation of Performance and Emission Characteristics of Nano Additive Blended Diesel Engine", *Int J Res Aer Mech Eng*, Vol. 3, No. 5, pp. 18-31.
- Bafghi, A.A.T., Bakhoda, H., Chegeni, F.K. 2015, "Effects of Cerium Oxide Nanoparticle Addition in Diesel and Diesel-Biodiesel Blends on the Performance Characteristics of A CI Engine", *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, Vol. 9(8), pp. 1507-1512.
- Balaji, G., Cheralathan, M., "Influence of Alumina Oxide Nanoparticles on the Performance and Emissions in A Methyl Ester of Neem Oil Fuelled DI Diesel Engine", *Thermal Science*, Online-First Issue, pp. 1-14.

- Balaji, G., Cheralathan, M., 2015, "Effect of CNT as Additive with Biodiesel on the Performance and Emission Characteristics of A DI Diesel Engine", *International Journal of ChemTech Research*, Vol. 7, No. 3, pp. 1230-1236.
- Balamurugan, K., Tamilvanan, A., Anbarasu, M., Akil, M.S., Srihari, S., 2013, "Nano-Copper Additive for Reducing NO_x Emission in Soya Bean Biodiesel-Fuelled CI Engine", *J Biofuels*, Vol. 4, No. 1, pp. 1-8.
- Banapurmath, N.R., Sankaran, R., Tumbal, A.V., Narasimhalu, T.N., Hunashyal, A.M., Ayachit, N.H., 2014a, "Experimental Investigation on Direct Injection Diesel Engine Fuelled with Graphene, Silver and Multi Walled Carbon Nano Tubes Biodiesel Blended Fuels", *Int J of Automot Eng Tech*, Vol. 3, No. 4, pp. 129-138.
- Banapurmath, N., Narasimhalu, T., Hunshyal, A., Sankaran, R., Rabinal, M.H., Ayachit, N., Kittur, R., 2014b, "Effect of Silver Nano-Particle Blended Biodiesel and Swirl on the Performance of Diesel Engine Combustion", *Int J Sustain Green Energy*, Vol. 3, No. 6, pp. 150-157.
- Basha, J.S., Anand, R.B., 2011a, "An Experimental Study in A CI Engine Using Nano Additives Blended Water-Diesel Emulsion Fuel", *International Journal of Green Energy*, Vol. 8, No. 3, pp. 332-348.
- Basha, J.S., Anand, R.B., 2011b, "Role of Nano Additive Blended Biodiesel Emulsion Fuel on the Working Characteristics of A Diesel Engine", *J Renew Sustain Energy*, Vol. 3, pp. 1-17.
- Basha, J.S., Anand, R.B., 2013, "The Influence of Nano Additive Blended Biodiesel Fuel on the Working Characteristics of A Diesel Engine", *J Braz Soc Mech Sci Eng*, Vol. 35, pp. 257-264.
- Basha, J.S., Anand, R.B., 2014, "Performance, Emission and Combustion Characteristics of A Diesel Engine Using Carbon Nano Tubes Blended Jatropa Methyl Ester Emulsions", *Alex Eng J*, Vol. 53, pp. 259-273.
- Bhagwat, V.A., Navadagi, V., Dandavate, A., 2015, "Experimental Investigation of Performance and Emission Characteristics of CI Engine Using Graphene Nanoparticles as An Additive in Biodiesel", *International Engineering Research Journal*, Special Issue 2, pp. 4726-4732.
- Celik M., 2016, "Combustion, Performance and Exhaust Emission Characteristics of Organic Based Manganese Addition to Cotton Methyl Ester", *Applied Thermal Engineering*, Vol. 108, pp. 1178-1189.
- Chandrasekaran, V., Arthanarisamy, M., Nachiappan, P., Dhanakotti, S., Moorthy, B., 2016, "The Role of Nano Additives for Biodiesel and Diesel Blended Transportation Fuels", *Transportation Research Part D*, Vol. 46, pp. 145-156.
- Chaudhari, S.M., Thakare, S.V., Sontakke, K.G., Khodke, R.R., 2014, "Effect of Metal Based Additives on A CI Engine Fuelled with Diesel and Water", *Journal of Emerging Technologies Innovative Research*, Vol. 1, No. 7, pp. 783-788.
- Chen, K.S., Lin, Y.C., Hsieh, L.T., Lin, L.F., Wu, C.C., 2010, "Saving Energy and Reducing Pollution by Use of Emulsified Palm-Biodiesel Blends with Bio-Solution Additive", *Energy*, Vol. 35, pp. 2043-2048.
- D'Silva, R., Vinoothan, K., Binu, K.G., Thirumaleshwara, B., Raju, K., 2016, "Effect of Titanium Dioxide and Calcium Carbonate Nanoadditives on the Performance and Emission Characteristics of CI Engine", *Journal of Mechanical Engineering and Automation*, Vol. 6, No. 5A, pp. 28-31.
- Dantas, Neto A.A., Fernandes, M.R., Barros Neto, E.L., Castro Dantas, T.N., Moura, M.C.P.A., 2011, "Alternative Fuels Composed by Blends of Non Ionic Surfactant with Diesel and Water: Engine Performance and Emissions", *Braz J Chem Eng*, Vol. 28 No. 3, pp. 521-531.
- Dhar, A., Kevin, R., Agarwal, A.K., 2012, "Production of Biodiesel from High-FFA Neem Oil and Its Performance, Emission and Combustion Characterization in A Single Cylinder DIC Engine", *Fuel Proces Technol*, Vol. 97, pp. 118-129.
- Dreizin, E.L., 2009, "Metal-Based Reactive Nano Materials", *Prog Energy Combust Sci*, Vol. 35, pp. 141-167.

- Fangsuwannarak, K., Triratanasirichai, K., 2013a, "Effect of Metalloid Compound and Bio Solution Additives on Biodiesel Engine Performance and Exhaust Emissions", *Am J Appl Sci*, Vol. 10, No. 10, pp. 1201-1213.
- Fangsuwannarak, K., Triratanasirichai, K., 2013b, "Improvements of Palm Biodiesel Properties by Using Nano-TiO₂ Additive, Emissions and Engine Performance", *Roman Rev Precis Mech Opt Mechatron*, Vol. 43, pp. 111-118.
- Fangsuwannarak, K., Wanriko, P., Fangsuwannarak, T., 2016, "Effect of Bio-Polymer Additive on the Fuel Properties of Palm Biodiesel and Engine Performance Analysis and Exhaust Emission", *Energy Procedia*, Vol. 100, pp. 227-236.
- Fu, W.B., Hou, L.Y., Wang, L.P., Ma, F.H., 2003, "A Study on Ignition Characteristics of Emulsified Oil Containing Flammable Fuel", *Fuel Proces Technol*, Vol. 80, pp. 9-21.
- Ganesh, D., Gowrishankar, G., 2011, "Effect of Nano-Fuel Additive on Emission Reduction in A Biodiesel Fuelled CI Engine", *IEEE*, ID 978-1-4244-8165-1/11, pp. 3453-3459.
- Ganesh, P.R., Reddy, K.H., 2016, "Experimental Investigation of Performance and Emission Characteristics on A Diesel Engine Using Aqueous Aluminium Oxide and Iron Oxide Nanoparticles as Additives", *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, Vol. 9, No. 3, pp. 1747-1751.
- George, R.O., Franc, S., James, S.J., John, M., Sebastian, G., 2015, "An Experimental Analysis on Synergetic Effect of Multiple Nanoparticle Blended Diesel Fuel on CI Engine", *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, Vol. 1, No. 12, pp. 151-156.
- Ghafoori, M., Ghobadian, B., Najafi, G., Layeghi, M., Rashidi, A., Mamat, R., 2015, "Effect of Nano-Particles on the Performance and Emission of A Diesel Engine Using Biodiesel-Diesel Blend", *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, Vol. 12, pp. 3097-3108.
- Ghogare, P., Kale, N.W., 2016a, "Experimental Investigation on Single Cylinder Diesel Engine Fuelled with Cotton Seed Biodiesel Blends with Nano Additives", *International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques*, pp. 17-22.
- Ghogare, P., Kale, N.W., 2016b, "Experimental Investigation on Single Cylinder Diesel Engine Fuelled with Soya Bean Biodiesel Blends with Nano Additives", *International Journal of Pure and Applied Research in Engineering and Technology*, Vol. 4, No. 9, pp. 247-257.
- Ghogardare, S.V., Hudgikar, S.R.K., 2016, "Review on Performance and Emission Characteristics of CI Engine by Using Nanoparticles with Blended Biodiesel in Diesel Fuel", *International Engineering Research Journal*, Vol. 2, No. 6, pp. 2120-2122.
- Gumus, S., Ozcan, H., Ozbey, M., Topaloglu, B., 2016, "Aluminum Oxide and Copper Oxide Nanodiesel Fuel Properties and Usage in A Compression Ignition Engine", *Fuel*, Vol. 163, pp. 80-87.
- Guru, M., Karakaya, U., Altiparmak, D., Alicilar, A., 2002, "Improvement of Diesel Fuel Properties by Using Additives", *Energy Convers Manag*, Vol. 43, pp. 1021-1025.
- Imdadul, H.K., Masjuki, H.H., Kalam, M.A., Zulkifli, N.W.M., Rashed, M.M., Rashedul, H.K., Monirul, I.M., Mosarof, M.H., 2015, "A Comprehensive Review on the Assessment of Fuel Additive Effects on Combustion Behavior in CI Engine Fuelled with Diesel Biodiesel Blends", *RSC Adv*, Vol. 5, pp. 67541-67567.
- Ingle, S.S., Nandedkar, V.M., Joshi, K.G., 2016, "Experimental Investigation of Palm Biodiesel with Nanomaterial as A Fuel Additive on Performance and Emission of Diesel Engine", *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 5, No. 11, pp. 19869-19879.
- Jayanthi, P., Srinivasa, R.M., 2016, "Effects of Nanoparticles Additives on Performance and Emissions Characteristics of A DI Diesel Engine Fuelled with Biodiesel", *International Journal of Advances in Engineering Technology*, Vol. 9, No. 6, pp. 689-695.
- Jeryraj Kumar, L., Anbarasu, G., Elangovan, T., 2016, "Effects on Nano Additives on Performance and Emission Characteristics of Calophyllum Inophyllum Biodiesel", *International Journal of ChemTech Research*, Vol. 9, No. 4, pp. 210-219.

- Jose, M., Anand, R.B., 2011, "Studies on Compression Ignition Engine to Establish Effects of Injection Pressure, Compression Ratio and Nano Additives-A Review", *International Journal of Advances in Engineering Research*, Vol. 2, No. 4, pp. 1-17.
- Jung, H., Kittelson, D.B., Zachariah, M.R., 2005, "The Influence of A Cerium Additive on Ultrafine Diesel Particle Emissions and Kinetics of Oxidation", *Combustion and Flame*, Vol. 142, pp. 276-288.
- Kannan, G.R., Karvembu, R., Anand, R., 2011, "Effect of Metal Based Additive on Performance Emission and Combustion Characteristics of Diesel Engine Fuelled with Biodiesel", *Appl Energy*, 88, 3694-3703.
- Kao, M.J., Ting, C.C., Lin, B.F., Tsung, T.T., 2008, "Aqueous Aluminum Nano Fluid Combustion in Diesel Fuel", *J Test Eval*, Vol. 36, No. 2, pp. 1-5.
- Karabektas, M., Ergen, G., Hosoz, M., 2013, "Effects of the Blends Containing Low Ratios of Alternative Fuels on the Performance and Emission Characteristics of A Diesel Engine", *Fuel*, Vol. 112, pp. 537-541.
- Karthikeyan, S., Elango, A., Silaimani, S.M., Prathima, A., 2014a, "Role of Al₂O₃ Nano Additive in GSO Biodiesel on the Working Characteristics of A CI Engine", *Indian Journal of Chemical Technology*, Vol. 21, pp. 285-289.
- Karthikeyan, S., Elango, A., Prathima, A., 2014b, "Performance and Emission Study on Zinc Oxide Nano Particles Addition with Pomoplion Stearin Wax Biodiesel of CI Engine", *J Sci Ind Res*, Vol. 73, pp. 187-190.
- Karthikeyan, S., Elango, A., Prathima, A., 2014c, "An Environmental Effect of GSO Methyl Ester with Zno Additive Fuelled Marine Engine", *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, Vol. 43, No. 4, pp. 564-570.
- Karthikeyan, S., Elango, A., Prathima, A., 2014d, "Diesel Engine Performance and Emission Analysis Using Canola Oil Methyl Ester with the Nano Sized Zinc Oxide Particles", *Indian Journal of Engineering Material Sciences*, Vol. 21, pp. 83-87.
- Karthikeyan, S., Elango, A., Silaimani, S.M., Prathima, A., 2014e, "Performance, Combustion End Emission Characteristic of A Marine Engine Running on Grape Seed Oil Biodiesel with Nano Additive", *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, Vol. 43, No. 12, pp. 2315-2319.
- Karthikeyan, S., Prathima, A., 2016, "Emission Analysis of the Effect of Doped Nanoadditives on Biofuel in A Diesel Engine", *Energy Sources Part A*, Vol. 38, No. 24, pp. 3702-3708.
- Karthikeyan, S., Elango, A., Prathima, A., 2016, "The Effect of Cerium Oxide Additive on the Performance and Emission Characteristics of A CI Engine Operated with Rice Bran Biodiesel and Its Blends", *International Journal of Green Energy*, Vol. 13, No. 3, pp. 267-273.
- Keskin, A., Guru, M., Altiparmak, D., 2007, "Biodiesel Production from Tall Oil with Synthesized Mn and Ni Based Additives: Effects of the Additives on Fuel Consumption and Emissions", *Fuel*, Vol. 86, pp. 1139-1143.
- Keskin, A., Guru, M., Altiparmak, D., 2011, "Influence of Metallic Based Fuel Additives on Performance and Exhaust Emissions of Diesel Engine", *Energy Convers Manag*, Vol. 52, pp. 60-65.
- Khond, V.W., Kriplani, V.M., 2016, "Effect of Nano Fluid Additives on Performances and Emissions of Emulsified Diesel and Biodiesel Fueled Stationary CI Engine: A Comprehensive Review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 59, pp. 1338-1348.
- Kumar, C.V., Murugesan, A., Rajasekaran, T., Panneerselvam, N., 2017, "Experimental Investigation on the Effects of Nano Additives on Mahuca Indica Methyl Ester-Diesel Fuel Blends in Diesel Engine", *Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities*, Vol. 7, No.1, pp. 120-130.
- Kumar, V.N., Venkatesh, N.M., Alagumurthi, N., 2016, "Influence of Aluminum Oxide Al₂O₃ Nano Particles Blended with Waste Cooking Oil in the Performance, Emission and Combustion Characteristics on A DI Diesel Engine", *Journal of Advanced Engineering Research*, Vol. 3, No. 1, pp. 66-71.
- Lenin, M.A, Swaminathan, M.R., Kumaresan, G., 2013, "Performance and Emission Characteristics of A DI Diesel Engine with A Nano Fuel Additive", *Fuel*, Vol. 109, pp. 362-365.

- Madhukrishnaa, N., Sivakumar, D.B., Arulmozhi, M., Chandrasekar, M., Senthilkumar, T., 2016, "Performance and Emission Analysis of Cotton Seed Oil Biodiesel with Alumina Nanoparticle Additive", *International Journal of Research Science and Engineering*, pp. 1-6.
- Mahendrarvarman, R., Sivakumar, D.B., Sivakumar, P., 2016, "Experimental Study on Performance and Emission Characteristics of A Direct Injection Compression Ignition Engine With Fe₃O₄ Nanoparticles", *Advances in Natural and Applied Sciences*, Vol. 10, No. 4, pp. 139-144.
- Manibharathi, S., Annadurai, B., Chandraprakash, R., 2014, "Experimental Investigation of CI Engine Performance by Nano Additive in Biofuel", *Int J Sci Eng Tech Res*, Vol. 3, No. 12, pp. 3303-3307.
- Manibharathi, S., Chandraprakash, R., Annadurai, B., Titus, R., 2015, "Experimental Investigation of CI Engine Performance and Emission Characteristics by Effect of Nano Fuel Additives in Pongamia Pinnata Biodiesel", *International Journal for Scientific Research Development*, Vol. 3, No. 1, pp. 1043-1047.
- Manikandan, R., Sethuraman, N., 2014, "Experimental Investigation of Nano Additive Ceric Oxide (CeO₂)-Ethanol Blend on Single Cylinder Four Stroke Diesel Engine", *International Journal of Recent Development in Engineering and Technology*, Vol. 3, No. 2, pp. 24-28.
- Mehta, R.N., Chakraborty, M., Parikh, P.A., 2014, "Nano Fuels: Combustion, Engine Performance and Emissions", *Fuel*, Vol. 120, pp. 91-97.
- Mehregan, M., Moghiman, M., 2014, "Numerical Investigation of Effect of Nano-Aluminum Addition on NO_x and CO Pollutants Emission in Liquid Fuels Combustion", *Int J Mater Mech Manuf*, Vol. 2, No. 1, pp. 60-63.
- Mehta, R.N., Chakraborty, M., Parikh, P.A., 2014, "Impact of Hydrogen Generated by Splitting Water with Nano-Silicon and Nano-Aluminum on Diesel Engine Performance", *Int J Hydrogen Energy*, 39, 8098-8105.
- Mirzajanzadeh, M., Tabatabaei, M., Ardjmand, M., Rashidi, A., Ghobadian, B., Barkhi, M., Pazouki, M., 2015, "A Novel Soluble Nano-Catalysts in Diesel-Biodiesel Fuel Blends to Improve Diesel Engines Performance and Reduce Exhaust Emissions", *Fuel*, Vol. 139, pp. 374-382.
- Mohan, N., Sharma, M., Singh, R.C., Pandey, R.K., 2015, "Performance Study of Diesel Engine Using Nanofuel", *International Journal of Advance Research and Innovation*, Vol. 3, No. 4, pp. 665-668.
- Murugesan, A., Umarani, C., Subramanian, R., Nedunchezian, N., 2009, "Bio-Diesel as An Alternative Fuel for Diesel Engines-A Review", *Renew Sustain Energy Rev*, Vol. 13, pp. 653-662.
- Narasiman, V., Jeyakumar, S., Mani, M., 2015, "Experimental Investigation of DI Diesel Engine Performance with Oxygenated Additive and SOME Biodiesel", *Bulletin of the JSME Journal of Thermal Science and Technology*, Vol. 10, No. 1, pp. 1-9.
- Okuda, T., Schauer, J.J., Olson, M.R., Shafer, M.M., Rutter, A.P., Walz, K.A., Morschauer P.A., 2009, "Effects of A Platinum-Cerium Bimetallic Fuel Additive on the Chemical Composition of Diesel Engine Exhaust Particles", *Energy Fuels*, Vol. 23, pp. 4974-4980.
- Ooi, J.B., Ismail, H.M., Swamy, V., Wang, X., Swain, A.K., Rajanren, J.R., 2016, "Graphite Oxide Nanoparticles as Diesel Fuel Additive for Cleaner Emission and Lower Fuel Consumption", *Energy Fuels*, Vol. 30, No. 2, pp. 1341-1353.
- Prabhu, L., Kumar, S.S., Anderson, A., Rajan, K., 2015, "Investigation on Performance and Emission Analysis of TiO₂ Nanoparticle as An Additive for Bio-Diesel Blends", *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, Special Issue Vol. 7, pp. 408-412.
- Prakash, P.J., Reddy, S.S.K., Kesavulu, P., Suresh, A., 2016, "Experimental Investigation on Rhombus Grooved Piston with Jatropa Biodiesel and Al₂O₃ Nano Fluid", *International Journal of Engineering Research in Mechanical and Civil Engineering*, Vol. 1, No. 6, pp. 44-49.
- Raj, N.M., Gajendiran, M., Pitchandi, K., Nallusamy, N., 2016, "Investigation on Aluminium Oxide Nano Particles Blended Diesel Fuel Combustion, Performance and Emission Characteristics of A Diesel Engine", *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, Vol. 8, No. 3, pp. 246-257.

- Rajalingam, A., Jani, S.P., Kumar, A.S., Khan, A.A., 2016, "The Effect in Neem Oil Biodiesel Properties due to The Blending of Cerium Oxide Nanoparticles", *International Journal for Research in Applied Science Engineering Technology*, Vol. 4, No. 2, pp. 290-293.
- Ramachandran, S.B., 2015, "Ferrofluid-Diesel Blend", *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 2, No. 5, pp. 92-94.
- Ramarao, K., Rao, C.J., Sreeramulu, D., 2015, "The Experimental Investigation on Performance and Emission Characteristics of A Single Cylinder Diesel Engine Using Nano Additives in Diesel and Biodiesel", *Indian Journal of Science and Technology*, Vol. 8, No. 29, pp. 1-9.
- Ramesh, D.K., Dhananjaya, Kumar, J.L., Hemanth Kumar, S.G., Namith, V., Parashuram, B.J., Sharath S., 2016, "Study on Effects of Alumina Nanoparticles as Additive with Poultry Litter Biodiesel on Performance, Combustion and Emission Characteristic of Diesel Engine", *Materials Today*, Vol. 338, pp. 1-7.
- Sajeevan, A.C., Sajith, V., 2013, "Diesel Engine Emission Reduction Using Catalytic Nano-Particles: An Experimental Investigation", *Adv Mech Eng*, ID 589382, 9 pages.
- Sajith, V., Sobhan, C.B., Peterson, G.P., 2010, "Experimental Investigations on the Effects of Cerium Oxide Nano Particles Fuel Additives on Biodiesel", *Adv Mech Eng*, ID 581407, 6 pages.
- Sajith, V., Mohamed Jihad, P.M., 2015, "Development of Stable Cerium Zirconium Mixed Oxide Nano Particle Additive for Emission Reduction in Biodiesel Blends", *J Eng Tech*, Vol. 4, No. 2, pp. 23-34.
- Samuel, N., Shefeek, M.K., 2015, "Performance and Emission Characteristics of A CI Engine with Cerium Oxide Nanoparticles as Additive to Diesel", *International Journal of Science and Research*, Vol. 4, No. 7, pp. 672-676.
- Sanjay, K.C., Shreyas, Pinto V., Gafoor, S.S.A., Biju, T., Raju, K., 2016, "Effect of Alumina Nanoparticles on the Performance and Emission Characteristics of CI Engine Fuelled with Lard Oil Methyl Ester Blends", *American Journal of Materials Science*, Vol. 6, No. 4A, pp. 94-98.
- Santhanamuthu, M., Chittibabu, S., Tamizharasan, T., Mani, T.P., 2014, "Evaluation of CI Engine Performance Fuelled by Diesel-Polanga Oil Blends Doped with Iron Oxide Nano Particles", *Int J Chem Tech Res*, Vol. 6, No. 2, pp. 1299-1308.
- Saraee, H.S., Jafarmadar, S., Taghavifar, H., Ashrafi, S.J., 2015, "Reduction of Emissions and Fuel Consumption in A Compression Ignition Engine Using Nanoparticles", *Int J Environ Sci Technol*, Vol. 12, pp. 2245-2252.
- Sarvestany, N.S., Farzad, A., Bajestan, E.E., Mir, M., 2013, "Effects of Magnetic Nano Fluid Fuel Combustion on the Performance and Emission Characteristics", *J Dispers Sci Technol*, Vol. 35, pp. 1745-1750.
- Sathiyamoorthi, R., Puviyarasan, M., Kumar, B.B., Joshua, D.B., 2016, "Effect of CeO₂ Nano Additive on Performance and Emissions of Diesel Engine Fuelled by Neem Oil-Biodiesel", *Int J Chem Sci*, Vol. 14, No. 2, pp. 473-484.
- Shaafi, T., Sairam, K., Gopinath, A., Kumaresan, G., Velraj, V., 2015, "Effect of Dispersion of Various Nano Additives on the Performance and Emission Characteristics of A CI Engine Fuelled with Diesel, Biodiesel and Blends-A Review", *Renew Sustain Energy Rev*, Vol. 49, pp. 563-573.
- Shaafi, T., Velraj, R., 2015, "Influence of Alumina Nano Particles, Ethanol and Isopropanol Blend as Additive with Diesel Soybean Biodiesel Blend Fuel: Combustion, Engine Performance and Emissions", *Renew Energy*, Vol. 80, pp. 655-663.
- Shafil, M.B., Daneshvar, F., Jahani, N., Mobini, K., 2011, "Effect of Ferro Fluid on the Performance and Emission Patterns of A Four Stroke Diesel Engine", *Adv Mech Eng*, ID529049, 5 pages.
- Sharma, Y.C., Singh, B., 2008, "Development of Bio Diesel from Karanja, A Tree Found in Rural India", *Fuel*, Vol. 87, pp. 1740-1742.
- Selvan, V.A.M., Anand, R.B., Udaykumar, M., 2009, "Effect of Cerium Oxide Nano Particle Addition in Diesel and Diesel-Biodiesel-Ethanol Blends on the Performance and Emission Characteristics of A CI Engine", *ARPN J Eng Appl Sci*, Vol. 4, No. 7, pp. 1-6.

- Selvan, V.A.M., Anand, R.B., Udayakumar, M., 2014, "Effect of Cerium Oxide Nano Particles and Carbon Nano Tubes As Fuel-Borne Additives in Diesterol Blends on the Performance, Combustion and Emission Characteristics of A Variable Compression Ratio Engine", *Fuel*, Vol. 130, pp. 160-167.
- Selvaganapthy, A., Sundar, A., Kumaragurubaran, B., Gopal, P., 2013, "An Experimental Investigation to Study the Effects of Various Nano Particles with Diesel on DI Diesel Engine", *ARPJ Journal of Science and Technology*, Vol. 3, No. 1, pp. 112-115.
- Senthilraja, S., Karthikeyan, M., Gangadevi, R., 2010, "Nanofluid Applications in Future Automobiles: Comprehensive Review of Existing Data", *Nano-MicroLett*, Vol. 2, No. 4, pp. 306-310.
- Silambarasan, R., Senthil, R., 2016, "Effects of Nano Additives on Performance and Emission Characteristics of A Diesel Engine Fueled with Annona Methyl Ester", *Biofuels*, pp. 1-7.
- Singh, N., Bharj, R.S., 2015, "Effect of CNT-Emulsified Fuel on Performance, Emission and Combustion Characteristics of Four Stroke Diesel Engine", *Int J Current Eng Tech*, Vol. 5, No. 1, pp. 477-485.
- Singh, N., Bharj, R.S., 2016, "Experimental Investigation on the Role of Indigenous Carbon Nanotube Emulsified Fuel in A Four-Stroke Diesel Engine", *J Mechanical Engineering Science*, Vol. 230, No. 12, pp. 2046-2059.
- Sonawane, S., Patankar, K., Fogla, A., Puranik, B., Bhandarkar, U., Kumar, S.S., 2011, "An Experimental Investigation of Thermo-Physical Properties and Heat Transfer Performance of Al₂O₃-Aviation Turbine Fuel Nano Fluids", *Applied Thermal Engineering*, Vol. 31, pp. 2841-2849.
- Soni, G.S., Rathod, P.P., Goswami, J.J., 2015, "Performance and Emission Characteristics of CI Engine Using Diesel and Biodiesel Blends with Nanoparticles as Additive-A Review Study", *International Journal of Engineering Development and Research*, Vol. 3, No. 4, pp. 879-884.
- Sungur, B., Topaloglu, B., Ozcan, H., 2016, "Effects of Nanoparticle Additives to Diesel on the Combustion Performance and Emissions of A Flame Tube Boiler", *Energy*, Vol. 113, pp. 44-51.
- Tewari, P., Doijode, E., Banapurmath, N.R., Yaliwal, V.S., 2013, "Experimental Investigations on A Diesel Engine Fuelled with Multiwalled Carbon Nanotubes Blended Biodiesel Fuels", *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Vol. 3, No. 3, pp. 72-76.
- Thirumal, B.J., Gunasekaran, E.J., Loganathan Saravanan, C.G., 2015, "Emission Reduction from A Diesel Engine Fueled by Cerium Oxide Nano-Additives Using SCR with Different Metal Oxides Coated Catalytic Converter", *Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 10, No. 11, pp. 1404-1421.
- Thulasi, G., Kandampalayam Ponnusamy, A., Rathanasamy, R., Palaniappan, S.K., Palanisamy, S.K., 2016, "Reduction of Harmful Nitrogen Oxide Emission from Low Heat Rejection Diesel Engine Using Carbon Nanotubes", *Thermal Science*, Vol. 20, No. 4, pp. 1181-1187.
- Venkatesan, S.P., 2015, "Influence of Aluminum Oxide Nano Particle Additive on Performance and Exhaust Emissions of Diesel Engine", *American-Eur J Sci Res*, Vol. 10, No. 2, pp. 88-92.
- Venkatesan, S.P., Kadiresh, P.N., Kumar, K.S., 2014, "Experimental Investigation of Aqueous Cerium Oxide Nano Fluid Blend in Diesel Engine", *Adv Mater Res*, Vol. 938, pp. 286-291.
- Venkatesan, S.P., Kadiresh, P.N., 2015, "Effects of Nano-Sized Metal Oxide Additive on Performance and Exhaust Emissions of CI Engine", *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 766-767, pp. 389-395.
- Venkatesan, S.P., Kadiresh, P.N., 2016, "Influence of An Aqueous Cerium Oxide Nanofluid Fuel Additive on Performance and Emission Characteristics of A Compression Ignition Engine", *International Journal of Ambient Energy*, Vol. 37, No. 1, pp. 64-67.
- Venu, H., Madhavan, V., 2016, "Effect of Nano Additives (Titanium and Zirconium Oxides) and Diethyl Ether on Biodiesel-Ethanol Fuelled CI Engine", *Journal of Mechanical Science Technology*, Vol. 30, No. 5, pp. 2361-2368.
- Yuvarajan, D., Ramanan, M.V., 2016, "Effect of Magnetite Ferrofluid on the Performance and Emissions Characteristics of Diesel Engine Using Methyl Esters of Mustard Oil", *Arab J Sci Eng*, Vol. 41, pp. 2023-2030.

Zhang, J., Nazarenko, Y., Zhang, L., Calderon, L., Lee, K., Garfunkel, E., Schwander, S., Tetley, T.D., Chung, K.F., Porter, A.E., Ryan, M., Kipen, H., Liroy, P.J., Mainelis, G., 2013, "Impacts of A Nanosized Ceria Additive on Diesel Engine Emissions of Particulate and Gaseous Pollutants", *Environ Sci Technol*, Vol. 47, No. 22, pp. 13077-13085.

SEMBOL VE KISALTMALAR (SYMBOLS AND ABBREVIATIONS)

Al ₂ O ₃	: Alüminyum oksit
BD	: Biyodizel
BDEX	: % X etanol içeren biyodizel-etanol karışımı
BDWX	: % X su içeren biyodizel emülsiyon yakıtı
CaO	: Kalsiyum oksit
CeO ₂	: Seryum oksit
Ce-Zr-O ₂	: Seryum zirkonyum oksit
Co ₃ O ₄	: Kobalt oksit
ÇTKNT	: Çok Tabakalı Karbon Nano Tüpler
D	: Dizel yakıtı
DBDXEY	: % X biyodizel ve % Y etanol içeren dizel-biyodizel-etanol karışımı
DBDX	: % X biyodizel içeren dizel-biyodizel karışımı
DEX	: % X etanol içeren dizel-etanol karışımı
DWX	: % X su içeren dizel emülsiyon yakıtı
E	: Etanol
FeCl ₃	: Demir klorür
Fe ₂ O ₃	: Demir II oksit
Fe ₃ O ₄	: Demir III oksit
GO	: Grafit oksit
K	: Kerosin (havacılık yakıtı)
KNT	: Karbon Nano Tüpler
MgO	: Magnezyum oksit
MnO ₂	: Mangan dioksit
MnO	: Mangan oksit
n-Al	: Nano alüminyum
n-Al-Mg	: Nano alüminyum-magnezyum
n-B	: Nano bor
n-Ce	: Nano seryum
n-Fe	: Nano demir
n-G	: Nano grafit
n-Ag	: Nano gümüş
n-Mn	: Nano mangan
n-Pt	: Nano platin
n-Si	: Nano silikon
NiO	: Nikel oksit
Rh ₂ O ₃	: Rodyum oksit
TiO ₂	: Titanyum oksit
ZrO ₂	: Zirkonyum oksit
ZnO	: Çinko oksit