

# Dizel Motorlarda CuNO<sub>3</sub> Katkı Maddesinin Dizel-Bütanol Karışımı ile Kullanımının Yakıt Özellikleri ve Egzoz Emisyonları Üzerindeki Etkisi

İbrahim Aslan Reşitoğlu<sup>1</sup>, Ali Keskin<sup>2</sup> And Abdulkadir Yaşar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mersin Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Otomotiv Teknolojisi, Mersin, Türkiye; aslanresitoglu@gmail.com

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği, Adana, Türkiye; alikeskin01@gmail.com

<sup>3</sup>Department of Mechanical Engineering, Cukurova University, Ceyhan Engineering Faculty, TR-01950, Adana, Turkey; ayasar@cu.edu.tr

## Özet

Bu çalışmada, CuNO<sub>3</sub> katkısının dizel-bütanol karışımı ile kullanımının, dizel yakıt özellikleri ile emisyon karakteristikleri üzerindeki etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Bu amaçla, CuNO<sub>3</sub> katkısı 60 ppm oranında dizel-bütanol karışımına katkılanarak, yakıtlara ait kimyasal özellikler analiz edilmiştir. Yakıtlar, tek silindirli ve direk enjeksiyonlu bir dizel motorda tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde emisyon testlerine tabi tutulmuştur. Çalışma sonucunda, yakıt katkı maddesinin kullanımının, yakıt özelliklerini ve emisyon değerlerini geliştirdiği gözlemlenmiştir. CO, HC ve İs emisyonlarında kayda değer azalmalar saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** CuNO<sub>3</sub> katkısı, bütanol, dizel motor, egzoz emisyonları

## 1. GİRİŞ

Dizel motorlar, yüksek verimlilik ve dayanıklılıklarından dolayı ulaşım, sanayi ve ziraat sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. Ancak dizel motorların başta azot oksit (NO<sub>x</sub>) ve partikül madde (PM) olmak üzere çevreye yaydığı emisyonlar, bölgesel hava kirliliklerinin yanı sıra, çevre ve insan sağlığı üzerinde geri dönüşü olmayan tahribatlara yol açmaktadır [2-3]. Birçok araştırmacı dizel motorlardan kaynaklanan emisyonları azaltmaya ve çeşitli kuruluşlar tarafından belirlenen sınırlamaları sağlamaya yönelik çalışmalar gerçekleştirmektedir. Bu çalışmalar; alternatif yakıt türleri, motor modifikasyonları, elektronik kontrollü yakıt püskürtme sistemleri, motor öncesi ve sonrası kullanılan emisyon kontrol sistemleri ile yakıt katkı maddeleri üzerine yoğunlaşmıştır [4, 5].

Yanma prosesi dizel motorlarda emisyon oluşumunu etkileyen parametrelerin en başında gelmektedir [6]. Yanma prosesinin verimli bir şekilde gerçekleşmesi dizel motorlarda kirletici emisyon oluşumunu azaltmaktadır [7]. Bu anlamda yakıt katkı maddeleri gösterdikleri katalitik etkiden dolayı yanma verimini iyileştirmekte ve kirletici emisyon oluşumunu azaltmaktadır [8]. Geçmişten bu yana gerçekleştirilen çalışmalarda birçok farklı yakıt katkı maddeleri dizel yakıtıyla katkılanarak kullanılmıştır. Bu yakıt katkı maddeleri genel olarak oksijenatlar, antioksidanlar, vuruntu önleyici maddeler, yakıt boyaları, metal bazlı katkı maddeleri ve korozyon önleyiciler olarak sınıflandırılabilir [9].

Oksijenatlar, dizel motorlarda en yaygın olarak kullanılan yakıt katkı maddeleridir [10]. Esterler ve alkol gibi yapısında oksijen bulunduran elemanlardan oluşan bu yakıt katkı maddeleri, özellikle dizel yakıtına alternatif olarak kullanılan biyodizelin yakıt özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadır [3, 11, 12]. Oksijenatlar haricinde, son zamanlarda üzerinde araştırmaların yoğunlaştığı metal bazlı yakıt katkı maddeleri de dizel motorlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Metal bazlı yakıt maddeleri dizel yakıtının tutuşma gecikme süresini kısaltmakta ve silindir içerisinde daha iyi bir şekilde yanmasını sağlamaktadır [9]. Bu katkı maddeleri, katalizör etkilerinden dolayı yanma verimini iyileştirici bir etki yaratmakta ve buna bağlı olarak dizel motora ait performans ve emisyon karakteristiklerini geliştirmektedir. [8, 13]. Başta platin, magnezyum, titanyum olmak üzere birçok farklı metal bazlı yakıt katkı maddesi (seryum, demir, bakır ve gümüş) üzerine araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda metal bazlı yakıt katkı maddesinin kullanımının yakıt özelliklerini (viskozite, parlama noktası, bulutlanma noktası, ısıl değer ve setan sayısı) iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda motor performans değerlerinde artış ve kirletici egzoz emisyonları değerlerinde de azalmalar belirlenmiştir [4, 8, 13, 14].

(\*) Corresponding author

Deneysel olarak gerçekleştirilen bu çalışmada  $\text{CuNO}_3$  katkısının, dizel-bütanol karışımı ile kullanımının yakıt özellikleri ile motor emisyon değerleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

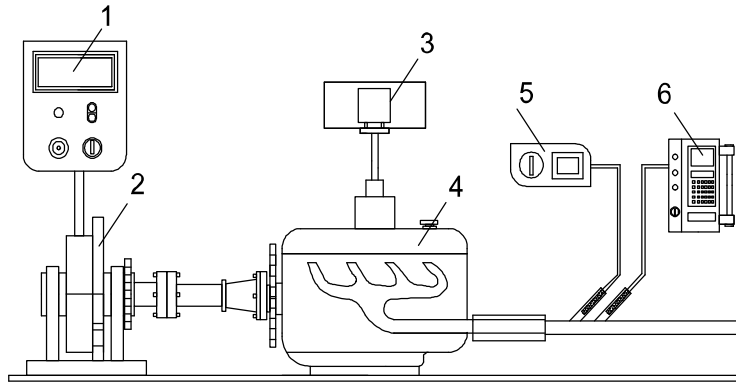
### 2.1 Karışımların hazırlanması ve özelliklerinin belirlenmesi

$\text{CuNO}_3$  katkı maddesi, hacimsel olarak %10 değerinde bütanol içeren dizel-bütanol karışımına 60 ppm oranında katkılanmıştır. Dizel (D), Dizel-Bütanol karışımı (B10) ve 60 ppm oranında  $\text{CuNO}_3$  katkılanmış dizel-bütanol karışımı (B10Cu60) olmak üzere toplamda üç yakıt testlerde kullanılmıştır.

Test yakıtlarının analizleri, Çukurova Üniversitesi Yakıt Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde; yoğunluk, viskozite, ısıl değer, setan sayısı ve bakır şerit korozyon testlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla sırasıyla; KYOTO DA-130 Taşınabilir dijital yoğunluk ölçme cihazı (Kyoto Electronics Manufacturing Co., Ltd., Shanghai, China), K 40091 Kinematik Viskozimetre (Expotech, Houston, TX), IKA WERKE Kalorimetre (IKA-Werke GmbH & Co. KG, Staufen im Breisgau, Germany), ZX-440 Analizör (ZELTEX, Maryland, USA) ve Bakır şerit korozyon test cihazı (Kohler Instrument Company, New York) kullanılmıştır.

### 2.2 Deney Düzenegi

Test yakıtlarının, motor emisyon karakteristikleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla kullanılan deney düzenegine ait şematik gösterim Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1: Deney düzenegi (1. Kontrol Paneli, 2. Dinamometre, 3. Yakıt Deposu, 4. Deney motoru, 5. Duman Ölçüm Cihazı, 6. Emisyon ölçüm cihazı)

Deney düzenegi temel olarak bir platform üzerine sabitlenmiş bir dizel motor ve bu motora bağlı hidrolik bir dinamometreden oluşmaktadır. Deney motoru olarak dört silindri, direk enjeksiyonlu ve su soğutmalı bir dizel motor kullanılmıştır (Çizelge 1). İS emisyonlarının ölçülmesinde  $\pm$  %2 hata payına sahip MRU OPTRANS 1600 model duman ölçer kullanılmıştır. CO, HC, NO ve NO<sub>2</sub> emisyonları ise MRU DELTA 1600 V cihazı ile ölçülmüştür. Testler tam yük şartlarında farklı motor devirlerinde gerçekleştirilmiştir. Testler gerçekleştirilmeden önce motor 15 dakika yüksüz durumda çalıştırılmıştır. Her bir deney üç defa tekrar edilmiş ve elde edilen ölçüm değerlerinin aritmetik ortalaması alınmıştır.

Çizelge 1. Test Motorunun Genel Özellikleri

Model	Mitsubishi Canter/4D34-2A
Silindir Sayısı	4
Silindir Hacmi	3907 cm <sup>3</sup>
Kurs	115 mm
Maksimum Güç	89 kW (3200 d/d)
Maksimum Tork	295 Nm (1800 d/d)
Soğutma Sistemi	Su soğutmalı

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Yakıt analiz sonuçları

Test yakıtlarına ait özellikler Çizelge 2'de sunulmaktadır. Nikel ve paladyumun dizel yakıtına katkılanması genel olarak yakıt özelliklerinde önemli değişikliklere yol açmamıştır.

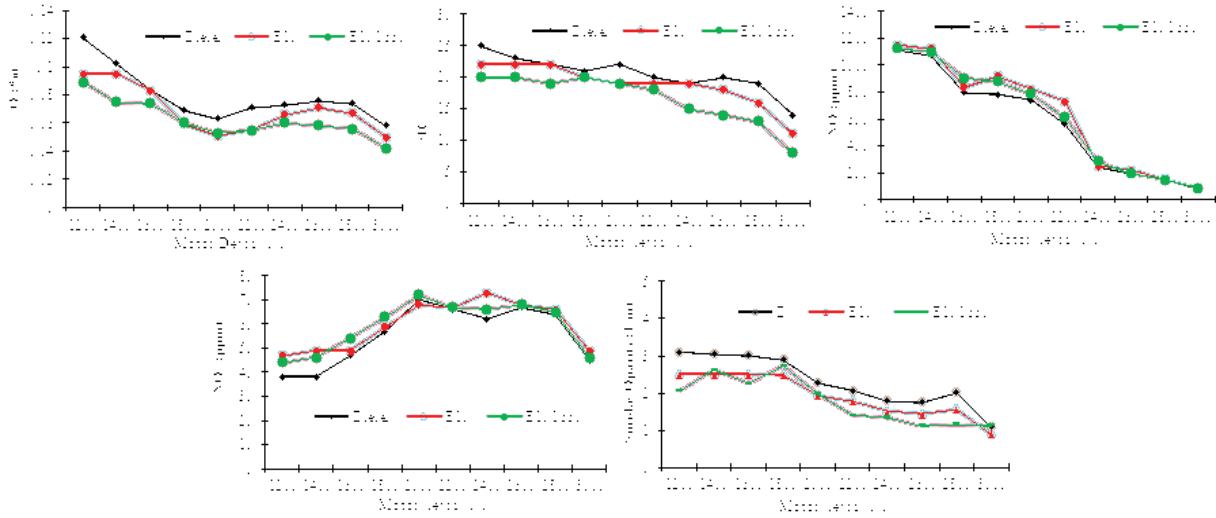
**Çizelge 2.** B10, B10Cu60 ve dizel yakıtına ait özellikler

Değer	B10	B10Cu60	Dizel	EN590
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	832,2	830,8	837,1	<b>820-860</b>
Viskozite (40°C) (mm <sup>2</sup> /s)	2,409	2,369	2,745	<b>2.0-4.5</b>
Setan Sayısı	54,422	54,847	54,025	<b>Min 55</b>
Bakır Şerit Korozyon	1A	1A	1A	<b>1A</b>
Isıl Değer (kJ/kg)	46620	46850	46270	-

Butanol ve CuNO<sub>3</sub> katkı maddesinin kullanımı yoğunluk ve viskozite değerlerini dizel yakıtına oranla azaltmıştır. B10Cu60 yakıtına ait viskozite değeri dizel yakıtıyla kıyaslandığında %13.69 oranında düşüş göstermiştir. Setan sayısı ve ısıl değerde önemli değişiklikler gözlemlenmemiştir.

### 3.2. Motor emisyon değerleri

Test yakıtlarına ait motor emisyon değerleri (CO, HC, NO, NO<sub>2</sub> ve İs) Şekil 2'de sunulmaktadır. Grafiklerde CO değerleri %, HC, NO ve NO<sub>2</sub> değerleri ppm (part per million) olarak verilirken İs değerleri 1/m olarak gösterilmiştir. Dizel motorla kıyaslandığında, Butanol ve CuNO<sub>3</sub> katkı maddesinin kullanımı motor emisyon değerlerinde kayda değer azalmalar sağlamıştır.



**Şekil 2:** Motor emisyon (CO, HC, NO, NO<sub>2</sub> ve İs) değerleri

Eksik yanma ürünlerinden biri olan CO emisyonu değerleri, dizel yakıtıyla kıyaslandığında B10Cu60 yakıtının kullanımıyla ortalama %20.86 ve maksimum olarak %27.58 oranında azalma göstermiştir. Bu değerler B10 için %12,38 ve %22.53 olarak ölçülmüştür.

CO emisyonlarındaki azalma eğilimi HC emisyonlarında da görülmüştür. HC değerlerindeki maksimum azalma oranı B10Cu60 yakıtı ile 3000 d/d motor devrinde %42.85 olarak elde edilmiştir. B10 ve B10Cu60 yakıtlarının, HC emisyon değerlerinde gerçekleştirdiği azalma oranları, ortalama %8.69 ve %20.05 olarak gerçekleşmiştir.

NO ve NO<sub>2</sub> değerleri, Butanol ve CuNO<sub>3</sub> katkı maddesinin kullanımı ile bir miktar artış göstermiştir. Ortalama artış miktarları B10 için %9,03 ve B10Cu60 için %7.83 olarak elde edilmiştir. Katkı maddesi ve alkolün dizel yakıtına eklenmesi yanma verimini iyileştirmiş ve silindir sıcaklığında artış meydana gelmiştir. Bu durum NO ve NO<sub>2</sub> değerlerinde de artışa yol açmıştır.

İs emisyonları, Butanol ve CuNO<sub>3</sub> katkı maddesinin kullanımı ile dizel yakıtına kıyasla tüm motor devirlerinde azalma göstermiştir. İs emisyonlarındaki ortalama azalma oranları B10 için %16 ve B10Cu60 yakıtı içinde %22,44 olarak elde edilmiştir.

Genel olarak emisyonlarındaki iyileşmelerin temel nedeni kullanılan bütanol ve yakıt katkı maddesinin yanma esnasında gösterdiği katalitik etkidir. Butanol ve CuNO<sub>3</sub> maddesinin dizel yakıtına katkılanırılması yanma performansını iyileştirmiş buna bağlı olarak da kirlenici emisyonlar üzerinde azaltıcı etki yaratmıştır.

## 4. SONUÇLAR

Bu deneysel çalışma, Butanol ve CuNO<sub>3</sub> bileşiminin dizel motorlarda yakıt katkı maddesi olarak kullanımı üzerine gerçekleştirilmiştir. Bütanol %10 oranında ve CuNO<sub>3</sub> 60 ppm olarak dizel yakıtına eklenerek elde edilen yakıtlara ait özellikler belirlenmiş ve her bir yakıt motor emisyon testlerine tabi tutulmuştur. Gerçekleştirilen deneysel çalışma sonu-

cunda Butanol ve  $\text{CuNO}_3$  katkı maddesinin kullanımının yakıt özellikleri ve motor emisyonları üzerinde iyileştirmeler sağladığı görülmüştür. Sonuç olarak yakıt katkı maddelerinin yanma verimini iyileştirdiği ve buna bağlı olarak da kirletici emisyon oluşumunu azaltıcı bir etki yarattığı ortaya konmuştur.

## KAYNAKLAR

- [1] Çelik M., Solmaz H., Yücesu H. S., (2015) "Examination of the effects of organic based manganese fuel additive on combustion and engine performance", *Fuel Processing Technology*, vol.139, pp.100–107.
- [2] Yang W.M., An H., Chou S.K., Chua K.J., Mohan B., Sivasankaralingam V., Raman V., Maghbouli A., Li J., (2013) "Impact of emulsion fuel with nano-organic additives on the performance of diesel engine", *Applied Energy*, vol.112, pp.1206–1212.
- [3] Shaafi T., Velraj R., (2015) "Influence of alumina nanoparticles, ethanol and isopropanol blend as additive with diesele soybean biodiesel blend fuel: Combustion, engine performance and emissions", *Renewable Energy*, vol.80, pp.655-663.
- [4] Khondn 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.
- [5] Resitoglu İ.A., Altınışık K., Keskin A., (2015) "The pollutant emissions from diesel-engine vehicles and exhaust aftertreatment systems", *Clean Technologies and Environmental Policy*, vol.17, pp.15-27.
- [6] Barrios C.C., Martín C., Domínguez-Sález A., Álvarez P., Pujadas M., Casanova J., (2014) "Effects of the addition of oxygenated fuels as additives on combustion characteristics and particle number and size distribution emissions of a TDI diesel engine", *Fuel*, vol.132, pp.93–100.
- [7] Carroll J.P., Finnan J.M., (2015) "The use of additives and fuel blending to reduce emissions from the combustion of agricultural fuels in small scale boilers", *Biosystems engineering*, vol.129, pp.127-133.
- [8] Keskin A., Gürü M., Altuparmak D., (2011) "Influence of metallic based fuel additives on performance and exhaust emissions of diesel engine", *Energy Convers Manage*, vol.52, pp.60–5.
- [9] Rashedul H.K., Masjuki H.H., Kalam M.A., Ashraful A.M., Ashrafur Rahman S.M., Shahir S.A., (2014) "The effect of additives on properties, performance and emission of biodiesel fuelled compression ignition engine", *Energy Conversion and Management*, vol.88, pp.348–364.
- [10] Moghaddama M.S., Moghaddam A.Z., (2014) "Performance and exhaust emission characteristics of a CI engine fueled with diesel-nitrogenated additives", *Chemical engineering research and design*, vol.92, pp.720–726.
- [11] Kadarohman A., Hernani K., Rohman I., Kusrini R., Astuti R.M., (2012) "Combustion characteristics of diesel fuel on one cylinder diesel engine using clove oil, eugenol, and eugenyl acetate as fuel bio-additives", *Fuel*, vol.98, pp.73–79.
- [12] Samoilov V.O., Ramazanov D.N., Nekhaev A.I., Maximov A.L., Bagdasarov L. N., (2016) "Heterogeneous catalytic conversion of glycerol to oxygenated fuel additives", *Fuel*, vol.172, pp.310–319.
- [13] Gürü M., Artukoğlu B.D., Keskin A., Koca A., (2009) "Biodiesel production from waste animal fat and improvement of its characteristics by synthesized nickel and magnesium additive", *Energy Convers Manage*, vol.50, pp.498–502.
- [14] 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*, vol.88, pp.3694–703.