



T.C.

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİYODİZEL KULLANILAN BİR DİZEL
MOTORLU JENERATÖRDE SOĞUK VE
SICAKTA İLK ÇALIŞTIRMA SIRASINDA
OLUŞAN EGZOZ EMİSYONLARININ
İNCELENMESİ**

Ziya ÇELİK

YÜKSEK LİSANS

Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

**Haziran-2019
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Ziya ÇELİK tarafından hazırlanan “BİYODİZEL KULLANILAN BİR DİZEL MOTORLU JENERATÖRDE SOĞUK VE SICAKTA İLK ÇALIŞTIRMA SIRASINDA OLUŞAN EGZOZ EMİSYONLARININ İNCELENMESİ” adlı tez çalışması 18.06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Danışman

Prof. Dr. Şehmus ALTUN

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Selman AYDIN

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Burak TANYERİ

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Şahnaz TIGREK

FBE Müdürü



TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Ziya ÇELİK

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYODİZEL KULLANILAN BİR DİZEL MOTORLU JENERATÖRDE SOĞUK VE SICAKTA İLK ÇALIŞTIRMA SIRASINDA OLUŞAN EGZoz EMİSYONLARININ İNCELENMESİ

Ziya ÇELİK

Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Şehmus ALTUN

2019, 49 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Şehmus ALTUN
Dr. Öğr. Üyesi Selman AYDIN
Dr. Öğr. Üyesi Burak TANYERİ

Dizel motorlar yüksek verimleri ve dayanıklı olmaları nedeniyle taşımacılık, inşaat, tarımsal ve endüstriyel faaliyetler gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bununla beraber jeneratör setlerinde de mekanik enerji kaynağı olarak tercih edilmektedir. Çoğunlukla yaşam alanlarına yakın ve atmosfere açık yerlerde konumlandırılan jeneratör setleri elektrik kesintilerinde çoğunlukla soğuk işletme şartlarında olmak üzere devreye girmektedirler. Jeneratör setlerinin kullanımının artması soğukta veya sıcakta ilk harekete geçiş durumunda oluşan egzoz emisyonlarının araştırılmasını önemli kılmaktadır. Bununla beraber biyodizel yakıtının bu çalışma şartlarında oluşan egzoz emisyonları üzerindeki etkisinin araştırılması da önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, soya yağı esaslı biyodizel ile petrol kökenli dizel yakıtının bir dizel motorlu jeneratör setinde soğuk ve sıcakta ilk harekete geçiş şartlarında egzoz emisyonlarına etkileri araştırılmıştır. Çalışmalar sabit motor devir sayısında, yüklü (%50) ve yüksüz durumlarında gerçekleştirilmiştir. Deneyler her iki test yakıtı için benzer şartlarda gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, soğukta ilk harekete geçişte biyodizel kullanımında yakıt tüketiminin arttığı; egzoz ve motor soğutma sıvısı sıcaklığında ise hafif bir düşme olduğu gözlemlenmiştir. Egzoz emisyonları değerlendirildiğinde, biyodizel yakıtının kullanıldığı yüklü durumda ve soğukta ilk harekete geçiş dışındaki tüm koşullarda yanmamış HC emisyonunun petrol dizel yakıtına göre önemli ölçüde azaldığı, NO_x emisyonunun ise tüm koşullarda azaldığı belirlenmiştir. Buna karşın duman emisyonlarında artış olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, Egzoz Emisyonu, Dizel Jeneratör.

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF EXHAUST EMISSIONS DURING COLD AND HOT START IN A DIESEL POWERED GENERATOR SET FUELED BY BIODIESEL

Ziya ÇELİK

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN AUTOMOTIVE ENGINEERING**

Advisor: Prof.Dr. Şehmus ALTUN

2019, 49 Pages

Jury

Prof.Dr. Şehmus ALTUN

Assist.Prof.Dr. Selman AYDIN

Assist.Prof.Dr. Burak TANYERİ

Diesel engines are commonly used in the areas such as transportation, construction, agricultural and industrial facilities due to their high efficiency and durability. Besides they are preferred for generator sets as mechanical energy source. The generator sets, which are mostly located close to the public areas and the atmospheric places, are activated at mostly in cold operating conditions in the case of a power failure. The increased use of generator sets makes it important to investigate exhaust emissions in the case of cold or hot start-up. However, it is also important to investigate the effect of biodiesel fuel on exhaust emissions under these operating conditions.

In this study, the effects of soy-oil biodiesel and petroleum diesel on exhaust emissions of a diesel engine powered generator set during cold and hot start were investigated. The experiments were carried out at constant engine speed and 50% of load and no load conditions. Experiments were carried out under similar conditions for both test fuels. As a result of the experiments, it was observed that the increase in fuel consumption in the use of biodiesel in cold start condition while a slight decrease was observed in the exhaust and engine coolant temperature. When the exhaust emissions were evaluated, it was determined that the use of biodiesel fuel significantly decreased unburned HC emissions compared to petroleum diesel fuel in the case of loaded and except for cold start conditions, and NO_x emission decreased under all conditions. However, there was an increase in smoke emissions.

Keywords: Biodiesel, Exhaust Emissions, Diesel Generator.

ÖNSÖZ

Dizel motorlu jeneratör uygulamaları arasında acil durumlar ve elektrik kesintileri sırasında bina, site, kamu kurumları ile hastaneler gibi yerlerde yedek enerji kaynağı olarak kullanımları önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye'deki jeneratörlerin büyük bir çoğunluğu elektrik kesintileri ve acil durumlarda devreye girmek üzere hazır bekleyen jeneratör setlerinden oluşmaktadır. Bu tür uygulamalarda bu sistemler çoğunlukla geçici şartlarda çalışmakta ve üniteler atmosfere açık yerlerde konumlandırılmaktadırlar. Motorun ilk harekete geçişi ile ısınma süreci arasında yüksek miktarda eksik yanma emisyonlarının olduğu literatürde bildirilmiştir. Bununla beraber dizel motorlarında yaygın olarak araştırılan ve kullanılan alternatif yakıt olan biyodizelin bu setlerde sıcakta ve soğukta ilk harekete geçiş durumunda oluşan egzoz emisyonları üzerindeki etkisinin araştırılması önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında beni yönlendiren, tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Şehmus ALTUN'a ve tez çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen hocam Dr. Öğr. Üyesi Selman AYDIN'a teşekkür ederim.

Ziya ÇELİK
BATMAN-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Jeneratör Setleri.....	2
1.1.1. Tüketilen Yakıta Göre.....	3
1.1.2. Kullanıldığı Yere Göre.....	3
1.1.3. Çalışma Tipine Göre	3
1.1.4. Taşınabilirlik.....	4
1.2. Dizel Motorlarda Soğuk Çalışma	4
1.2.1. Dizel Motorların Soğukta çalışmasını Etkileyen Faktörler.....	5
1.2.1.1. Yakıtın Özellikleri.....	5
1.2.1.2. Yağlamanın Etkisi.....	5
1.2.1.3. Yakıt Enjeksiyon Stratejisinin Etkisi	6
1.2.1.4. Yanma Odası Geometrisinin Etkisi.....	7
1.3. Soğuk Çalışmada Biyodizel Kullanımı.....	7
1.4. Soğuk Çalışmada Dizel Emisyonları.....	8
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Test Yakıtları.....	15
3.2. Motor Deney Düzeneği ve Yöntemler.....	16
3.2.1. Deney Seti	16
3.2.2. Egzoz Emisyon ve Duman Ölçüm Cihazı	18
3.2.3. Egzoz Sıcaklık Ölçümü	19
3.3. Yöntem.....	19
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	21
4.1. Yakıt Tüketimi.....	21
4.2. Egzoz ve Motor Soğutma Sıvısı Sıcaklığı	23
4.3. Egzoz Emisyonlarının İncelenmesi	27
4.3.1. HC Emisyonlarının İncelenmesi.....	27
4.3.2. NO _x Emisyonlarının İncelenmesi	29
4.3.3. Duman Emisyonlarının İncelenmesi.....	31
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	33

5.1 Sonuçlar.....	33
5.2 neriler	34
KAYNAKLAR	35
ÖZGEÇMİŞ.....	39

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

CO	:Karbon Monoksit
CO ₂	:Karbon Dioksit
HC	:Hidrokarbon
NO _x	:Azot Oksit
°C	:Santigrat Derece (Sıcaklık)
PM	:Partikül Maddeler

Kısaltmalar

NEDC	: Yeni Avrupa Sürüş Çevrimi
PAH	: Polislik Aromatik Hidrokarbonlar
TS 11365	: Dizel Araçlarda Egzoz Gazı Ölçüm Metodu ve Sınır Değerleri

1. GİRİŞ

Enerji ihtiyacının artması sonucu yaygın olarak kullanılan fosil kökenli kaynaklar yerine artan enerji talebinin karşılanabilmesi için alternatif enerji kaynakları üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu enerji kaynakları, primer ve sekonder olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Primer enerji kaynakları yenilenemeyen petrol, doğalgaz, kömür gibi enerji kaynaklarından oluşurken, sekonder enerji kaynakları ise yenilenebilir rüzgâr, güneş, jeotermal gibi kaynaklardan oluşmaktadır. Teknolojik gelişmelere paralel olarak potansiyeli mevcut olan yeni faydalanılabilen enerji kaynaklarına “yeni”, tükenmeyen kaynaklara da “yenilenebilir” enerji kaynakları denilmektedir (Öğüt ve Oğuz, 2006).

Kalkınmanın en önemli belirtilerinden biri olan enerji konusu dünya genelinde gündemdeki yerini sürekli korumaktadır. Yapılan istatistiklere göre; dünya enerji ihtiyacının % 38.5’ini karşılayan petrolün 41, % 23.7’sini karşılayan doğal gazın 62, %22.7’sini karşılayan kömürün ise 230 yıl rezerv kullanım süresi bulunmaktadır (Karaosmanoğlu ve Çetinkaya, 2003). Kaynakların biteceği endişesi ve artan çevre bilinci alternatif yakıtları önemli hale getirmiştir. Alternatif yakıtların teknik ve ekonomik yönden petrol türevli yakıtlara göre daha uygun olmasının yanında çevresel yönden avantajlı olması gerekmektedir (Çukurçayır ve Sağır, 2008).

Çevresel açıdan biyoyakıtların dizel motorlarındaki eksik yanma ürünü emisyonların azaltılması adına umut verici bir yakıt olduğunu göstermiştir. Bu biyoyakıtlar dizel yakıtına hacimsel olarak belirli oranda eklenerek kullanıldığında, egzoz emisyonlarından NO_x hariç olmak üzere diğer emisyonlarda CO, CO₂, HC ve partikül madde miktarında biyodizel kullanımını ile düşürülebilmektedir. Biyodizelin kimyasal yapısında bulunan oksijen içeriği bu düşüşte etkili olan, önemli etkenlerden biridir. Bundan dolayı günümüzde içten yanmalı motorlarda biyodizel ve biyoalkoller alternatif yakıt olarak kullanımı dikkate alınmaktadır. Biyoalkoller alkol yakıtları arasında en fazla dikkate alınan biyoetanol yakıtı hem sıkıştırma ile ateşlemeli hem de buji ile ateşlemeli motorlarda kullanılırken; biyodizel sıkıştırmalı motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılmaktadır (Lapuerta ve diğ., 2009). Yapılan çalışmalarda alternatif enerji kaynaklardan elde edilen biyodizel ve biyoetanol yakıtlarının içten yanmalı motorlarda kullanılmasıyla petrol kökenli yakıtlara olan bağımlılığı ve egzoz emisyonlarının azaltılabileceği belirlenmiştir.

Dizel motorlar yüksek yakıt dönüşüm verimi ve dayanıklılıklarından dolayı ulaşım, taşımacılık, inşaat ve sanayi gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu alanlardan bir tanesi elektrik üretimi için kullanılan jeneratör setleridir. Dizel motorlu jeneratör uygulamaları arasında acil durumlar ve elektrik kesintileri sırasında bina, site, kamu kurumları ile hastaneler gibi yerlerde yedek enerji kaynağı olarak kullanımları önemli bir yer tutmaktadır. Jeneratör, geçmişte konutlarda lüks statüde kullanılan bir ekipman iken, yasal standartların yenilenmesi ile birlikte demirbaş niteliği kazanmıştır. Ayrıca; maden ocakları, oteller, hazır beton santralleri, alışveriş merkezleri, hava meydanları, elektriksel altyapısı olan yatırımlarda çok yüksek kapasiteli jeneratörlerin kullanım zorunluluğu getirilmiştir (www.blog.enka.com.tr, 2018). Dizel jeneratör sayısı, kullanım alanlarının artmasına paralel olarak hızla artacağı öngörülmektedir. Jeneratör setlerinde dizel motor kullanımı diğer yakıtlara göre 2017 yılında dünya çapındaki pazar payının %80'inden fazlasını oluşturmaktadır (www.power-technology.com, 2019). Türkiye'deki kullanılan jeneratörlerin %96'sı ihtiyaç duyulan acil durumlarda veya elektrik kesintilerinde devreye girmek için hazırda bekleyen jeneratörlerden oluşmaktadır. Geri kalan %4'lük kısım ise petrol sahaları, inşaat, sulama arazileri, mobil hastaneler ve maden ocakları gibi şebeke elektrik hatlarının bulunmadığı alanlarda kullanılmaktadır (www.borsagundem.com, 2019). Bu tür uygulamalarda bu sistemler çoğunlukla geçici şartlarda çalışmakta ve üniteler atmosfere açık yerlerde konumlandırılmaktadırlar. Motorun ilk harekete geçişi ile ısınma süreci arasında yüksek miktarda eksik yanma emisyonlarının olduğu literatürde bildirilmiştir. Yapılan çalışmalar soğukta ilk hareket sırasında sıcak çalışmaya göre daha yüksek emisyonların oluştuğunu ortaya koymuştur (Chaichan ve diğ., 2016).

Jeneratörlerin yaşam alanlarında kullanım sayısının artması sonucu insan sağlığına olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu alternatif yakıtların emisyon azaltım potansiyelinin araştırılması amacı jeneratör setleri kullanımı ve özellikleri büyük önem arz etmiştir.

1.1. Jeneratör Setleri

Jeneratör setlerinin kullanım alanlarının genişlemesi, yüksek katlı ve sürekli olarak yüzölçümü artan binalar ile birlikte insan sayısındaki artış bu setlerin seçilmesi, kurulumu, projelendirilmesi ve karşılaşılabilecek özel durumlarda ne gibi önlemler

alınacağı büyük önem kazanmaya başlamıştır. Kullanıldığı yerler, üretim tipi ve tükettiği yakıt olarak jeneratör setleri birkaç sınıfta toplanabilir (TS ISO 8528-1).

1.1.1. Tüketilen Yakıtı Göre

1. Doğal Gazlı Jeneratör Setleri
2. LPG li Jeneratör Setleri
3. Dizel Jeneratör Setleri
4. Benzinli Jeneratör Setleri (TS ISO 8528-1).

1.1.2. Kullanıldığı Yere Göre

Kaynak olarak; ana enerji kaynağı ve yedek enerji kaynağı olarak üzere ikiye ayrılır. Yere göre ise; jeneratör setinin kullanılacağı yere ya da soğutma tipine göre sınıflandırılır. Motorların tümünde silindirlerde yanan yakıtının ortaya çıkardığı ısı enerjisi ya motor soğutma sıvısına ya da havaya aktarılması ile soğutma işlemi gerçekleştirilir. Soğutma tipi jeneratörün kara veya deniz kullanımı için belirleyici özelliklerindendir. Kapalı devre soğutma sıvısı; radyatör aracılığıyla hava ile soğutuluyorsa kara tipi, eşanjör yardımıyla su veya deniz suyu ile soğutuluyorsa deniz tipi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. (TS ISO 8528-5).

1.1.3. Çalışma Tipine Göre

- a. Standby (Anlık) Çalışma
- b. Prime (Sürekli) Çalışma
- c. Continuous (Santral Tipi) Çalışma

Jenaratör setlerinin pazarlama, satış ve servis hizmetleri gibi işlemleri, ülkemizde ve dünyada TSE ISO 8528/1, ISO 3046-1 standartlarına göre sınıflandırılan çalışma tiplerine göre yapılmaktadır. Avrupa ve ülkemizde standby güçlerine göre tercih edildiğinden bu pazarlara standby pazarı denilmektedir (TS ISO 8528-1).

1.1.4. Taşınabilirlik

Sabit Tip; taşımaya uygun olmayan ve montaj yapıldığı yerde kullanılacak olan jeneratör tipidir. Jeneratörün sabitleneceği yüzeyde titreşimin oluşmaması için sarsıntı önleyici takozlar kullanılmaktadır. Egzoz gaz çıkışı ve motora emilecek hava girişi için setin bulunduğu alanın yeterli büyüklüğe sahip olması gerekmektedir. Jeneratör setinin bulunduğu yerin uygun ölçülerde olması, uzun süreli çalışmadan kaynaklı termal kayıplarla gücün düşmesini önleyerek, çalışma verimi ile birlikte maksimum faydanın elde edilmesini sağlayacaktır.

Mobil Tip; bu jeneratör setleri taşımaya uygun biçimde tasarlanan ve ağırlığı düşürebilmek amacıyla genellikle hava soğutmalı olarak üretilen tiplerdir. Ağırlığı 50–100 kg aralığında üretilen, bir ya da iki kişinin taşıyabileceği bu setler ev tipi kullanıcılara hitap etmektedir (TS ISO 8528-5).

1.2. Dizel Motorlarda Soğuk Çalışma

Dizel motorlarında hava, yakıtın tutuşması için gerekli olan sıcaklığın üzerinde bir sıcaklığa kadar sıkıştırılır ve yakıtın havayla teması ile birlikte yanma gerçekleşir. Bu nedenle dizel motorları yüksek sıkıştırma oranına sahiptirler. Yakıtın püskürtülmesi, piston üst ölü noktaya varmadan başlar ve genişleme strokunun başlarına kadar devam eder, bu nedenle dizel motorlarında yanma uzun bir sürede gerçekleşir. Dizel motorlarda yanma; püskürtme başlangıcından yanmanın başlamasına kadar geçen zaman olan tutuşma gecikmesi, bu süre boyunca silindirde biriken yakıtın ani bir şekilde yandığı ani veya kontrolsüz yanma, püskürtülen yakıtın hemen yandığı ve yanmanın püskürtülen yakıt ile kontrol edildiği kontrollü yanma safhası ile püskürtme sonunda silindir içerisinde yanmamış yakıt parçacıklarının yeterli oksijen bulunması durumunda yanmaya devam ettiği art yanma olmak üzere dört safhada gerçekleşir. Yakıt kalitesi, basınç ve özellikle sıcaklık tutuşma gecikmesini ve dolayısıyla yanmanın sonraki safhalarını etkileyen en önemli faktörler olup; yüksek sıcaklık ve basınç tutuşma süresini kısaltmaktadır. Bunun yanında dizel motorlarda yakıtın yanması, yakıtın özelliklerine, yanma odasının geometrisine, hava-yakıt karışımına, sıkıştırma sonu sıcaklığına, yakıt enjeksiyon stratejisine ve ortam sıcaklık koşullarına bağlıdır. Düşük ortam sıcaklığında yakıtın yeterince buharlaşamaması motorun çalışmasını zorlaştırır

(Ramadhas ve diğ., 2016). Dizel motorlarının kullanıldıkları alanların birçoğunda, düşük ortam sıcaklığında çalıştırılmaları gerekmektedir. Krank milinin ilk harekete geçmesi ile sabit rölanti devrinin olduğu zaman aralığı soğuk çalışma olarak ifade edilmektedir (Chaichan ve diğ., 2016). Bu süre zarfında yakıtın buharlaşma zorluğu, tutuşma gecikmesi süresini uzatması neticesinde dizel yakıtı yeterince tutuşamaz. Bundan dolayı oluşan eksik yanma, yüksek miktarda egzoz emisyonu çıkışına sebep olur (Çelik ve diğ., 2014).

1.2.1. Dizel Motorların Soğukta çalışmasını Etkileyen Faktörler

1.2.1.1. Yakıtın Özellikleri

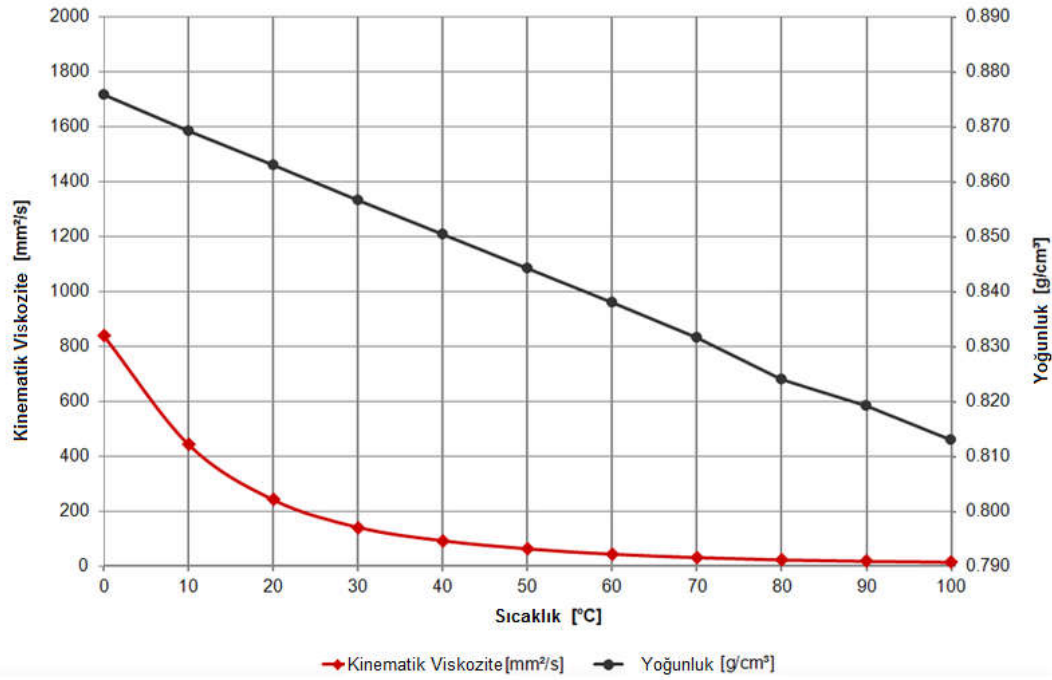
Dizel yakıtının özellikleri üretildiği ham petrolün kaynağına ve rafine edilme formülüne bağlıdır. Ayrıca yakıtın kullanıldığı ülkedeki yasal gereksinimleri karşılamak için kullanılan katkı maddeleri ile pazarlanma kolaylığı amacıyla performans artırıcı katkı maddelerini de içerir. Yakıtın özellikleri, motorun ilk harekete geçme, ısınma ve sabit motor devrine ulaşma sürecinde önemli bir rol oynar. Yüksek viskoziteli yakıt, ejektör ve yakıt pompasındaki kayıpları artırırken, düşük viskozitede olması ise enjektörlerdeki yakıt sızıntısını arttırmaktadır (Arumugam ve diğ., 2014).

Setan sayısı ve buharlaşma gibi yakıt özellikleri, dizel motorun soğuk çalışma özelliklerini etkileyen en önemli özelliklerdir. Yüksek setan sayısı ve yüksek buharlaşma özelliğine sahip yakıt, motorun soğukta ilk harekete geçişini kolaylaştırdığını göstermiştir (Palanisamy, 2013). Yüksek setan sayısı yakıtın tutuşma hızını ve motorun çalışma kararlılığını arttırmaktadır. Bununla birlikte, çok düşük ortam sıcaklığı koşullarında yüksek setan sayılı yakıt kullanılsa bile, yakıt uçuculuğu soğuk çalışma için en önemli faktörler arasında olduğu ifade edilmektedir (Kitano, 2006).

1.2.1.2. Yağlamanın Etkisi

Ortam sıcaklığı yağlama yağının viskozitesini doğrudan etkilemektedir. Viskozite, sıcaklık azaldıkça artmaktadır. Daha yüksek viskozite sürtünmeyi artırır, bunun neticesinde motor çalışmasına devam edebilmek için daha fazla enerjiye ihtiyaç duyar. Yeni Avrupa Sürüş Çevrimine (NEDC) göre motorun ilk çalıştırılması sırasında

oluşan sürtünme normal çalışma sıcaklığına oranla 2.5 kat daha yüksek olmaktadır. Ayrıca, viskozitenin yüksek olması yağ filmi tabakası oluşumunu zorlaştıracığından silindir basıncında kaçaklar söz konusu olacaktır. Düşük sıcaklığın yağlama yağına olan etkilerinden dolayı ısınma sürecinde yakıt tüketimi de artmaktadır (Arumugam ve diğ., 2014).



Şekil 1.1. Sıcaklığa bağlı viskozite değişimi (www. wiki.anton-paar.com, 2019)

1.2.1.3. Yakıt Enjeksiyon Stratejisinin Etkisi

Yakıt enjeksiyonun miktarı ve zamanlaması bir motorun soğukta çalışması kararlılığı için oldukça önemlidir. Yakıt püskürtüldüğünde buharlaşma için gerekli olan ısı silindir içerisinden çekildiğinden dolayı yanma odasının sıcaklığında düşüşe neden olmaktadır. Sıkıştırma sonu sıcaklığının düşük olması tutuşma gecikme süresini uzatır. Ana yakıt enjeksiyon öncesi yapılan ön yakıt püskürtmesi, olası silindir içi sıcaklık düşüşünü önüne geçebilme olanağı tanır (Zhong ve diğ., 2007).

1.2.1.4. Yanma Odası Geometrisinin Etkisi

Yanma odası geometrisi tasarımı sıkıştırma oranını doğrudan etkilemektedir. Sıkıştırma oranının düşük olması, özellikle düşük ortam sıcaklığında, ilk çalıştırma ve rölanti kararlılığı üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Sıkıştırma oranı yüksek olan motorlarda yanma odası sıcaklığı arttırmaktadır. Böylece tutuşma gecikmesi süresinin kısılması yanma sürecini iyileştirmektedir (Liu ve diğ., 2003). Piston tepesi oyuğu geometrisinin püskürtülen yakıtı sıcak bölgelere yönlendirecek şekilde tasarlanması, yakıtın tutuşmaya başlamasına ve tutuşmasının devam etmesine yardımcı olmaktadır (Ayoub ve Reitz, 1995).

Pilot (ön) yanmanın başlaması kızdırma bujisinin etrafından gerçekleşmektedir. Kızdırma bujisinin sıcaklığı ile enjektörün yakıtı püskürttüğü bölgenin bujiye olan mesafesi soğuk çalışmayı önemli derecede etkilemektedir (Walter ve diğ., 2010). Bu nedenle, donanım olarak motor geometrisi motorun soğuk çalıştırılmasında önemli bir role sahiptir. Motorun bu geometrisi yakıt püskürtme atomizasyonu ve dolayısıyla yakıtın yanması üzerinde etkili olacaktır.

1.3. Soğuk Çalışmada Biyodizel Kullanımı

Biyodizel, sıkıştırılmalı ateşlemeli motorlarda dizel yakıtı yerine veya dizel ile farklı oranlarda karıştırılarak kullanılabilen yenilenebilir bir alternatif yakıttır. Biyodizel dizel ile karşılaştırıldığında, daha yüksek parlama noktası ve daha düşük zehirli içeriğe sahip olduğu bilinmektedir. Ayrıca biyodizelin oksijen içermesi, yanmayı iyileştirmenin yanı sıra daha az zararlı egzoz emisyon çıkışı özelliklerine sahiptir (Arumugam ve diğ., 2014). Biyodizel ve biyodizel-dizel karışımları, dizelden daha yüksek bulutlanma ve akma noktasına sahiptir; bu durum yakıtların soğukta kullanımında sorun çıkarır. Ancak, uygun katkı maddeleri (anti-jel maddeleri) kullanılarak akma ve bulutlanma noktalarının düşürülebilmesi mümkündür (Karaosmanoğlu, 2008). Biyodizelin en temel dezavantajları yüksek viskozitesi, düşük enerji içeriği, yüksek akma noktası, daha yüksek NO_x emisyonları ve daha düşük güçtür (No, 2011).

Soğuk hava koşullarında, özellikle motor ilk çalıştırma sırasında biyodizel veya karışımlarının viskozite değeri belirlenmesi oldukça önemlidir. Biyoyakıtların bu temel

dezavantajları, motor çalışması üzerindeki etkileri ile ilişkilidir. Özellikle soğuk ortam şartlarında kullanılması yakıt hatlarının ve enjektörlerin tıkanmasına neden olur. Ayrıca, biyodizel yakıtların daha yüksek yüzey gerilimi ve viskozitesi nedeniyle, enjektörün püskürtme kabiliyeti etkilenir ve sonuç olarak yanma işleminden önce yeterli miktarda atomizasyon gerçekleşmez. Öte yandan, biyodizel yakıtın yetersiz oranda atomize olması ile uzayan buharlaşma süreci neticesinde yakıtın tutuşması zorlaşır. Bu koşullar boyunca eksik yanma sıklıkla meydana geldiğinden, motorun çalışma kararlılığı özellikle soğuk çalışmada oldukça etkilenir (Broatch ve diğ., 2014).

Biyodizel çoğu özelliği bakımından petrol bazlı dizel yakıtı yerine alternatif yakıt olarak kullanılabilirken, düşük sıcaklıklardaki akış özellikleri bakımından geliştirilmeye ihtiyaç duyulmaktadır (Lapuerta ve diğ., 2008). Biyodizelin soğuk akış özellikleri etkisiyle yakıt hattında ve filtrede oluşan tıkanmalar silindirlere ulaşması gereken yakıt miktarını düşürür. Bunun neticesinde motorun ilk harekete geçmesinde zorluklar meydana gelir. Soğuk akış özelliklerinin iyileştirilmesi için biyodizelin, petrol bazlı dizel yakıtı ve çözücüler ilave edilmesi tavsiye edilmektedir (Dwivedi ve Sharma, 2014).

1.4. Soğuk Çalışmada Dizel Emisyonları

Motor sıcaklığı, çalışma sıcaklığı değerinden düşük olduğunda sürüş, motor performansı ve egzoz emisyonları doğrudan etkilenirler. Motor bloğu ve silindir içi düşük sıcaklığı, daha yüksek egzoz emisyonu ve yakıt tüketimine sebep olur. Öte yandan, artan motor yağı viskozitesi ve sürtünme kayıpları motorun ısı verimini düşürür. Yapılan çalışmalarda soğuk çalışma sırasındaki sürtünme kayıpları, motorun ısınmasına kıyasla 2,5 kat arttığı görülmüştür. Yüksek sürtünme kayıplarının üstesinden gelmek ve güç çıkışı korumak için ortam sıcaklığına bakılmaksızın, ilk çalıştırma sırasında silindire daha fazla yakıt püskürtülmektedir. Ayrıca motor çalışmaya başladıktan sonra soğuk çalışma şartlarında yakıt miktarının arttırılmasına devam edilmektedir (Will ve Boretti, 2011).

Soğuk çalışma sırasındaki salınan egzoz emisyonları, motorun toplam emisyonlarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. HC emisyonları, yakıtların tutuşamaması veya eksik yanması sonucu ortaya çıkar. Toplam hidrokarbon emisyonu

yanma verimsizliğinin önemli bir ölçüsüdür (Çelik ve diğ., 2014). Özellikle ilk çalışma sürecinde motor sıcaklığının düşüklüğü ile doğru orantıda HC emisyonları artış gösterir. Soğuk çalışmada bu durumun ortaya çıkma nedeni, yanma odasının iç yüzeylerinin düşük sıcaklığı, yakıt atomizasyonun yetersizliği ve zengin yakıt hava karışımı neticesinde oluşan eksik yanmadır (Chaichan ve diğ., 2016).

Egzoz gazlarında CO emisyonu, yanma odasının bir bölgesinde veya tümünde yanma için gerekli olan oksijenin eksikliğinden kaynaklanır. Hava veya yakıtın çok silindirli motorlarda silindirle eşit dağılmaması, bazı silindirlerde fakir karışım oluştururken bazılarında zengin karışım oluşturabilmektedir. Ortam sıcaklığın düşük olması ve yeterli oksijenin bulunması ile CO oksijenle birleşerek CO₂'ye dönüşmektedir. Genellikle, dizel motorlarında hava miktarının ve dolayısıyla oksijenin fazla olması, CO emisyonlarının düşük olmasını sağlamaktadır (Alkaya ve Yıldırım, 2000).

Dizel motorlarından kaynaklanan en önemli iki emisyon; NO_x ve partikül madde (PM) emisyonlarıdır. NO_x emisyonu oluşumu, yakıt enjeksiyon stratejisine, yakıt özelliklerine, silindir sıcaklığına ve yüksek sıcaklıkta kalma süresi gibi farklı faktörlerden etkilenir. NO_x, değişik miktarlarda azot ve oksijen içeren fazlaca reaktif bir gazdır. Yanma odası sıcaklığı yaklaşık 1800°C'ye ulaşması halinde azot (N₂) ve oksijen (O₂)'nin birleşmesiyle oluşur. Daha düşük yanma odası sıcaklıklarında NO_x'i meydana getiren N₂ ve O₂ egzozdan dışarı atılır. Azot ve oksijen farklı oranlarda birleşerek NO, NO₂, N₂O, N₂O₃ vb.gibi çeşitli gazlar ortaya çıkar (İlkılıç ve diğ., 2009). Soğuk çalışma şartları göz önünde bulundurulduğunda, her ne kadar silindire fazla yakıtın enjekte edilmesi ile yanma odasının sıcaklığının artması beklense dahi ortam sıcaklığının ve yanma odasının sıcaklığının düşük olması, yanma üzerinde olumsuz etkisi sonucu yanma sonu sıcaklığı da düşük olmaktadır. Tüm bu faktörler sonucunda NO_x emisyonu çıkışı da düşük olmaktadır (Zare ve diğ., 2017).

Duman koyuluğu seviyesi, egzoz gazı akışının içerisinde dik olarak geçen ışık huzmesi şiddetinin sönme ölçüsüdür ve egzozdaki kurum emisyonlarının bir göstergesidir (Altun, 2014). Tam şeffaf gaz için duman koyuluğu %0'dır. Işığı tamamen absorbe eden, yani geçirgen olmayan gaz için duman koyuluğu %100'dür Normal emişli bir motorda duman koyuluğu sınır değeri %64 dür (TS 11365, 1998). Her ne

kadar duman koyuluğu egzoz emisyonları arasında düzenlenmemiş olsa da, anlık olarak ölçülmesi çok zor olan partikül madde miktarı için önemli bir göstergedir (Armas ve diğ., 2006).

Dizel motorlarında egzoz dumanı iki şekilde sınıflandırılabilir;

1. Yanmamış veya kısmen yanmış durumdaki yakıt ve yağlama yağı parçacıklarından oluşan, doğrudan ışık altında beyaz veya mavi renkte duman.
2. Siyah veya gri renkte yakıtın eksik yanmasından kaynaklanan katı karbon parçacıkları

Mavi renkte olan duman, supap kılavuzu veya piston segmanının sızdırmazlığının bozulması nedeniyle yanma odasına yağlama yağının girmesi ile oluşur. Diğer duman oluşumu ise soğuk çalışma şartlarında yanma odasındaki düşük sıcaklığının etkisiyle yanmamış HC'lerden oluşur. Ortam sıcaklığı, yakıt sıcaklığını, yakıtın buharlaşmasını, kendi kendine tutuşma kabiliyetini ve tutuşma gecikmesini etkiler. Bu nedenlerle uzayan marş süreleri, yanlış ateşleme ile birlikte silindir iç yüzeylerinin yakıt tanecikleri ile ıslanmasına ve egzozdan daha katı partikül emisyonların oluşması ile sonuçlanır (Yassine ve diğ., 1996).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde dizel motorlar ve dizel motorlu jeneratör setlerinde alternatif yakıt olarak biyodizelin kullanılması ile ilk çalıştırma ve ısınma sürecinde egzoz emisyonlarındaki petrol kökenli dizel yakıtı kullanımına göre olan değişimlerin incelendiği çalışmalar sunulmuştur. Ayrıca dizel motorlu jeneratör setlerinde normal işletme koşullarında biyodizel kullanımının egzoz emisyonları üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmalara da yer verilmiştir.

Roy ve ark., (2016) kanola yağı biyodizeli ve petrol kökenli dizel yakıtı karışımlarına farklı oranlarda etanol ve dietil eter karıştırarak dört silindirli ve direkt püskürtmeli bir dizel motorunun soğuk başlangıç halinden çalışma sıcaklığına ulaşmaya kadarki süreçte oluşan emisyonları incelemiştir. Farklı motor devirlerinde yaptıkları ölçümler sonucu motorun ısınma sürecinde daha az HC emisyonu saldıgını belirtmişlerdir. Etanol ve dietil eterin dizel-biyodizel karışımlarına eklenmesinin ise NO_x emisyonlarını düşürebileceğini ve biyodizelin karışım oranı içindeki payının artmasının da HC emisyonlarını azaltabileceğini ifade etmişlerdir.

Altun (2015) atık ayçiçek yağından üretilen biyodizel ile 2 farklı dizel yakıtını (ultra düşük kükürlü dizel ve gas-to-liquid) direkt enjeksiyonlu, dizel motorlu bir jeneratör setinde farklı yüklerde ve sabit devirde kullanarak egzoz emisyonlarını karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda gas-to-liquid (GTL) dizeli ve biyodizelin kullanılmasıyla duman yoğunluğunun azaldığını buna karşın NO_x emisyonlarının ise arttığını tespit etmiştir. Bununla beraber CO emisyonunun bütün test yakıtları için düşük olduğunu, biyodizel kullanımında ise HC emisyonunun arttığını ifade etmiştir.

Singh ve ark., (2015) *Chlorella variabilis* yosunu ve *Jatropha curcas* bitkisinden elde ettikleri biyodizelleri 4 zamanlı, 6 silindirli, direkt enjeksiyonlu ağır taşıt dizel motorunda soğuk ilk çalışma ve farklı yük geçiş durumlarında kullanarak, emisyon değerleri ile performans karşılaştırmışlar. Dizele göre PM, CO ve HC emisyonlarında önemli ölçüde azalma olmasının yanında NO_x emisyonlarının yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmada kullanılan biyodizellerin özgül yakıt tüketimi değerleri ise dizel yakıtı değerlerine göre yüksek olduğu belirtilmiştir.

Chaichan ve ark., (2016) soğuk ilk çalışmada farklı devirlerde (800, 900 ve 100 dev/dak) dizel yakıtını 4 silindirli, doğal emişli, direkt enjeksiyonlu motorda kullanarak egzoz emisyonlarını incelemişlerdir. Test, soğutma sıvısının 5 °C olduğu sıcaklıkta başlatılmış ve 400 saniye boyunca sürdürülmüştür. Çalışma sonucunda yüksek düzeyde CO ve HC ölçülmüştür. Soğuk dış hava ve soğuk yanma odası sıcaklığına rağmen, bu süre zarfında belirgin oranda NO_x seviyeleri ölçülmesine, yanma odasının bazı bölümlerindeki yerel zenginleşmenin sebep olduğu ifade etmişlerdir. Çalışma süresince duman emisyonu seviyelerinin yüksek olmasının yanında özellikle ilk çalışmada oldukça arttığını tespit etmişlerdir.

Armas ve ark., (2011) bitkisel yağ metil esterleri ile dizel yakıtını dizel motorunda ilk çalışma ve farklı yük geçiş durumlarında kullanarak duman emisyonunu ölçüp analizini yapmışlardır. Biyodizel yakıtının kullanıldığı, motor ilk çalışma süresince duman emisyonu en yüksek seviyede ölçülmüştür. Bu duruma düşük çalışma sıcaklığı ve yüksek hava/yakıt oranının sebep olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca düşük çalışma sıcaklığının biyodizelin viskozitesini yükseltmesinin yanma sürecini zorlaştırdığını dile getirmişlerdir.

Randazzo ve Sodre (2011) yakıt tüketimi ve soğukta çalışma şartlarını incelemek üzere dizel yakıtıyla soya fasulyesi biyodizel (B3,B5,B10,B20) karışımlarını oluşturulmuş, ayrıca ek olarak B20 karışımına katkı maddesi olarak (B20E2 ve B20E5) etanolü kullanmışlardır. Soğuk çalışma testleri, aynı sıcaklık şartlarını sağlamak için, iklimlendirilebilen bir ortamda yapılmıştır. Dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında B20 karışım oranı seviyesine kadar, yakıt tüketiminde önemli bir farklılık olmamasının yanında B20 karışımına etanolün %2 oranında eklenmesinin de yakıt tüketimini etkilemediğini, ancak etanol oranının %5'e yükseltilmesinin yakıt tüketimini arttırdığını ifade etmişlerdir. Motorun soğukta ilk çalışma süresini B3, B5 ve B10 karışımlarının etkilemediğini, B20 karışımının süreyi uzattığı ve etanol eklenmesiyle sürenin daha da uzadığını tespit etmişlerdir.

Arumugam ve ark., (2014) dizel motorların soğukta çalışmasını etkileyen temel faktörler ve sonuçları ile ilgili araştırma yapmışlardır. Bu araştırma sonucunda; düşük sıcaklıkta motorun ilk harekete geçiş süresince oluşan sürtünmenin tüm çalışma şartlarından fazla olduğu, daha yüksek uçuculuk ve daha yüksek setan sayısı yakıtları

soğuk ortam şartlarında motorun çalışmasını kolaylaştırabildiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca biyodizellerin soğuk akış özelliklerine sahip olmalarından dolayı dizel yakıtı ile karıştırılmasının olumlu katkısının olabileceğini ve katkı maddelerinin, farklı biyodizel karışımları için uygun hale getirilmesi gerektiğini dile getirmişlerdir.

Valente ve ark., (2012) atık yağdan elde ettikleri biyodizeli dizel yakıtıyla farklı oranlarda karıştırıp, dizel motorlu jeneratörde emisyon karakteristiklerini incelemek üzere test etmişlerdir. Deney sonucunda, HC, CO ve duman emisyonları yakıt karışımlarının kullanımıyla dizele oranla arttığı belirtilmiştir. Bu artışa sebep olarak biyodizelin yüksek yoğunluk, viskozite ve asit sayısı gösterilmiştir. Biyodizel özelliklerinin en önemli etken olmasına karşın, motor modelinin, çalışma koşullarının ve yakıt enjeksiyon sistemi ayarlarının duman, CO ve HC emisyonu oluşumunu etkilediğini ifade etmişlerdir.

Ramadhass ve Xu (2016) farklı ortam sıcaklık koşullarında (-7°C ve $+24^{\circ}\text{C}$) biyodizel-dizel karışımlarını common rail direkt enjeksiyonlu (CRDI) dizel motorunda kullanarak, soğuk çalışma periyodunda performans ve egzoz emisyon özelliklerini araştırmışlardır. Biyodizel karışımları, NO_x emisyonunun en yüksek tepe değerini tüm sıcaklık şartlarında düşürmesinin yanı sıra, HC emisyonları normal ortam sıcaklığında azalırken, düşük ortam sıcaklığında ise arttırdığını tespit etmişlerdir.

Ambrozik ve ark., (2015) kanola yağı metil esterini ile dizel yakıtı (%50 dizel ve %50 kanola yağı metil esterini) ve dizel yakıtına %5 EKO-V oranında katkı maddesi ekleyerek, karışımlar oluşturmuşlardır. Bu karışımlar dizel motorunda soğuk ve sıcak motor şartlarında kullanılarak egzoz emisyon değerleri ölçülmüştür. Soğuk çalışma durumunda motor yağlama yağı, soğutma sıvısı ve ortam sıcaklığının eşit olduğu, sıcak çalışma durumunda motor yağlama yağı ile soğutma sıvısının sıcaklığının 90°C de gerçekleştirildiğini ifade etmişlerdir. Testler sonucunda, dizel-biyodizel karışımı kullanımı ile soğuk çalışma şartlarının başlangıcından 40. saniyeye kadar daha düşük NO_x ve HC emisyonu ölçülmüştür. Dizel ve EKO-V katkı maddesi karışımı için, motor sıcak çalışma periyodunda, en yüksek HC emisyonu ve 20. saniyesinden itibaren en düşük NO_x emisyonu belirlenmiştir. Sonuç olarak

De Oliveira ve ark., (2015) %7 oranında biyodizel içeren dizel yakıtına %5, %10 ve %15 etanol karıştırmış ve karışımları dizel motorlu jeneratörde farklı yük durumlarında test etmişlerdir. Yapılan deneyler sonucunda, %15 oranında etanol içeren karışımın yakıt tüketimini arttırdığını ve NO_x emisyonunu düşürdüğünü belirtmişlerdir. HC emisyonları genel olarak düşük yükte yüksek iken yüksek yükte düşük tespit edilmesinin yanı sıra %15 etanol karışımında en düşük değerler ölçülmüştür.

Tsai ve ark., (2010) soya biyodizelini çeşitli oranlarda (B0, B10, B20 ve B50) dizel yakıtı ile karıştırmışlardır. Bu karışımları dizel motorlu jeneratörde 0, 5, 7 ve 10 kW yüklerinde test ederek, egzoz emisyonları ve performans sonuçlarının analizini yapmışlardır. B20 yakıtında 5 kW yükü hariç en düşük partikül madde (PM) tespit edilmiştir. Dizel yakıtına göre bütün yük şartlarında B10 ve B20 yakıtları için Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) emisyonu daha düşük ölçülmüştür. Jeneratörün enerji verimliliğinin en yüksek değeri B20 karışımıyla elde edilmiştir. Yükünün artmasına karşılık enerji verimliliğinin arttığını ve özgül yakıt tüketiminin azaldığını olduğunu dile getirmişlerdir. Bütün bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, soya biyodizelinin dizel motorlu jeneratörler için ümit verici bir alternatif yakıt olduğunu ifade etmişlerdir.

Valente ve ark., (2010) kastor yağı ve soya biyodizelini, dizel yakıtı ile farklı oranlarda karıştırarak dizel motorlu jeneratörde yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarını ölçmek amacıyla deneyler yapmışlardır. Deneyler çeşitli yüklerde ve dizel motorunda herhangi bir değişiklik yapılmadan gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları göstermiştir ki, karışımlardaki biyodizel oranı arttıkça yakıt tüketimi de artmıştır. Ayrıca, soya biyodizeli karışımları ile elde edilen yakıt tüketimi değerleri kastor yağı biyodizelinden daha düşük tespit edilmiştir. Düşük ve orta yüklerde, dizel ile karşılaştırıldığında CO emisyonu %35 soya veya kastor biyodizeli içeren karışımlarda belirgin bir artış gözlemlenmiştir. HC emisyonu soya biyodizeli oranın yüksek olduğu karışımlarda en düşük seviyede olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak, yakıt enjeksiyon sisteminin biyodizel kullanımı için daha iyi duruma getirilmesinin yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarının düşürülmesine katkısının olacağını dile getirmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Test Yakıtları

Bu çalışmada dizel motorlu jeneratör setinde soğuk ve sıcak çalışma koşullarında oluşan egzoz emisyonlarının incelenmesi için ticari bir firmada elde edilen soya yağı esaslı biyodizel yakıtı ile Batmanda bulunan bir yakıt istasyonundan temin edilen petrol kökenli dizel yakıt olarak kullanılmıştır. Test yakıtlarının özellikleri Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Biyodizel ve petrol dizelinin fiziksel-kimyasal özellikleri

Özellik	Birim	EN14214	ASTM D6751	Biyodizel	Dizel
Yoğunluk 15 °C'de	kg/m ³	860-900	-	883	840
Viskozite 40°C'de	mm ² /sn	3.5–5.0	1.9–6.0	4.2	3.2
Parlama Noktası	°C	120 min	130 min	131	60
Kükürt içeriği	mg/kg	10 maks	50 maks	-	10
Alt ısııl değer	MJ/kg	-	-	39.5	42

3.2. Motor Deney Düzeneği ve Yöntemler

3.2.1. Deney Seti

Batman Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği Motor Test Laboratuvarı'nda bulunan üç silindirli, direkt püskürtmeli ve su soğutmalı dizel motorlu jeneratör setinde gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneği ayrıca alternatör, hassas terazi ile motorun yüklenmesi için jeneratör seti tarafından üretilen elektrik enerjisini tüketen rezistanslardan oluşmaktadır. Deney motoru üç silindirli ve direkt püskürtmeli INTER-IDE314NG marka 1500 dev/dak'da 12.5 kW prime 13.5 kW stand-by güç çıkışına sahip dizel motoru olup; diğer teknik özellikleri Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Deney motorunun teknik özellikleri

Marka ve model	INTER-IDE314NG
Net Motor Gücü	12.5-13.5 kW @ 1500 dev/dak
Soğutma	Su soğutma
Çap x strok (mm)	80x90
Strok hacmi	1,4 lt
Emme Sistemi	Tabi
Silindir Sayısı - Dizilişi	3-Düz sıralı
Püskürtme sistemi	Direkt
Sıkıştırma oranı	22,5:1

Motorun yüklenmesi için 230/400 V ve aktif gücü 1500 dev/dak hız ile 50 Hz frekansta 9.6 (prime) ve 10.4 (stand-by) kW olan senkron tip fırçasız alternatör kullanılmıştır. Jeneratörün özellikleri Tablo 3.3'te verilmiştir. Şekil 3.1 ve 3.2'de deney setinin fotoğrafı ve şematik gösterimi verilmiştir.

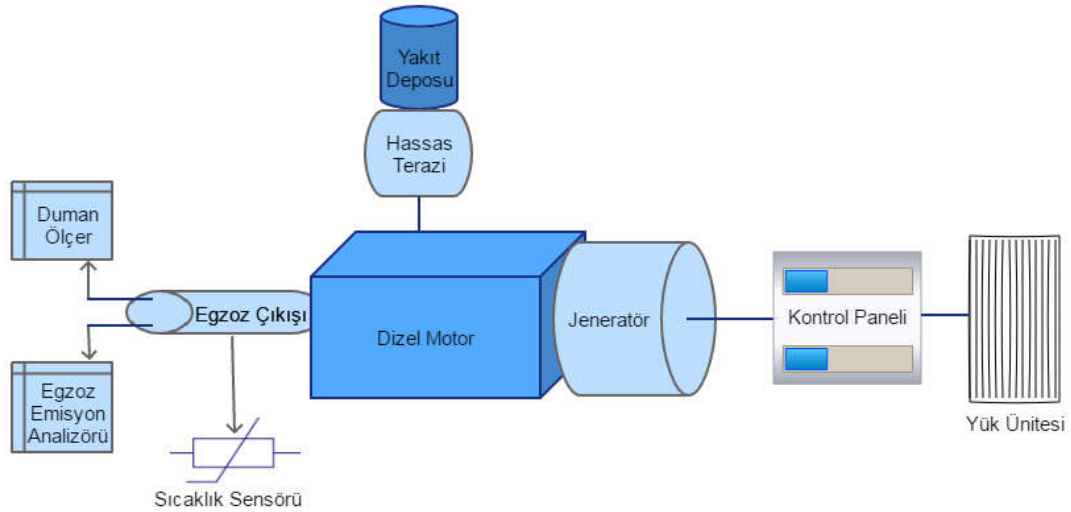
Tablo 3.3 Deney Jeneratörünün özellikleri

MARKASI	GENPOWER GNT 13
Tipi	Fırçasız-Senkron
Gerilim Toleransı	0,5
Gerilimi	231-400V
Akım Dağılımı	L1-L2-L3
Dayanımı	2U+1000V Minimum 1800 Volt
Güç çıkışı	9.6-10.4 kW @ 1500 dev/dak ve 50 Hz

Alternatör tarafından üretilen elektrik enerjisini tüketen rezistanslar kullanılarak test motorunun yükü kontrol edilmiştir. Deney setinde bulunan ampermetre voltmetre kullanılarak çalışma sırasındaki akım ve gerilim miktarları ölçülmüştür. Bu değerler ile güç hesaplanmıştır.



Şekil 3.1. Deney düzeneğinin genel görünümü



Şekil 3.2. Deney düzeneğinin şematik görünümü

3.2.2. Egzoz Emisyon ve Duman Ölçüm Cihazı

Egzoz emisyonu ve duman değerlerini ölçmek için Şekil 3.3'te verilen CAPELEC CAP 3200 marka gaz analiz cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Egzoz emisyon ve duman ölçüm cihazı

Egzoz emisyon ve duman ölçüm cihazının ölçme hassasiyeti ve ölçüm aralığı Tablo 3.4' te yer almaktadır.

Tablo 3.4. Egzoz emisyon cihazının teknik özellikleri

Parametre	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
NO _x	0-5000 ppm	% 0,01
CO	% 0-15	% 0,001
O ₂	% 0-21.7	% 0.01
CO ₂	% 0-20	% 0.1
HC	0-20 ppm	1 ppm
Duman koyuluğu	% 0-99.9	% 0.01

3.2.3. Egzoz Sıcaklık Ölçümü

Egzoz gazı sıcaklığı Elimko marka E-680 serisi 32 farklı noktadan alınan verileri gösterebilen universal girişli cihaz kullanılmıştır. Şekil 3.7’de cihazın teknik özellikleri ve görüntüsü Tablo 3.5’te yer almaktadır.



Şekil 3.4. Üniversal girişli-gelişmiş tarayıcı

Tablo 3.5. Egzoz gazı sıcaklık ölçme cihazının teknik özellikleri

Doğruluk sınıfı	0,5
Çalışma ortam sıcaklığı	-10 – +50 °C
Güç sarfı	Max 10 VA
Ağırlık	650 gr

3.3. Yöntem

Tablo 3.6 ve 3.7’de gösterildiği gibi, petrol kökenli dizel ile biyodizel yakıtları dizel motorlu jeneratör setinde soğuk ve sıcak çalışma şartlarında yüksüz ve yüklü olarak ayrı ayrı test edilmiştir. Her bir testte ortam sıcaklığı ve nem değeri HTC-1 marka cihaz ile ölçülerek deney boyunca kontrol edilmiştir. Motor kararlı hale gelmesi için testte kullanılacak yakıt ile belirli bir süre çalıştırılmıştır. Egzoz sıcaklığı egzoz manifolduna takılan termokupl kullanılarak ölçülmüştür. Motor soğutma sıvısı sıcaklığı ise kontrol panelinde bulunan göstergeden okunarak kaydedilmiştir.

Çalışmanın amacı doğrultusunda aynı ortam şartlarında yakıtları karşılaştırabilmek için testler farklı günlerde gerçekleştirilmiştir. Deneyler öncesinde, Tablo 3.6 ve 3.7’de değerleri verilen ortam sıcaklığı, egzoz sıcaklığı, motor soğutma sıvısı sıcaklığı ve ortam nem değerleri ölçülmüştür. Ancak hava koşullarındaki değişikliklerden dolayı nem ve ortam sıcaklık değerlerinde farklılıklar söz konusu olmuştur.

Çalışma her bir test yakıtı için sabit devirde (1500 dev/dk) yüksüz ve 5.6 kW (% 50 yük) yüklü koşullarında gerçekleştirilmiş olup, yakıt tüketimi, egzoz gaz sıcaklığı, egzoz emisyon ve duman değerleri 300 saniye süre boyunca 1’er saniyelik aralıklarla kaydedilerek ölçülmüştür.

Tablo 3.6. Yüklü çalışma şartları

YÜKLÜ (%50)	Dizel		Biyodizel	
	Soğuk çalışma	Sıcak çalışma	Soğuk çalışma	Sıcak çalışma
Ortam Sıcaklığı (°C)	20	22,6	20,8	21,3
Nem (g/m ³)	58	50	51	43
Soğutma Sıvısı Sıcaklığı (°C)	19	70	20	71
Egzoz Sıcaklığı (°C)	20	131	20	130

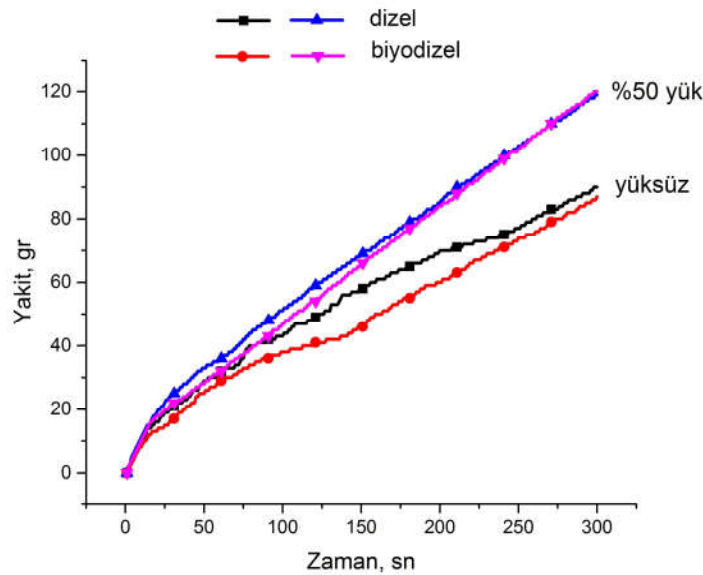
Tablo 3.7. Yüksüz çalışma şartları

YÜKSÜZ	Dizel		Biyodizel	
	Soğuk çalışma	Sıcak çalışma	Soğuk çalışma	Sıcak çalışma
Ortam Sıcaklığı (°C)	21,9	22,1	20,8	20,8
Nem (g/m ³)	52	52	42	43
Soğutma Sıvısı Sıcaklığı (°C)	22	46	20	47
Egzoz Sıcaklığı (°C)	22	78	20	79

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

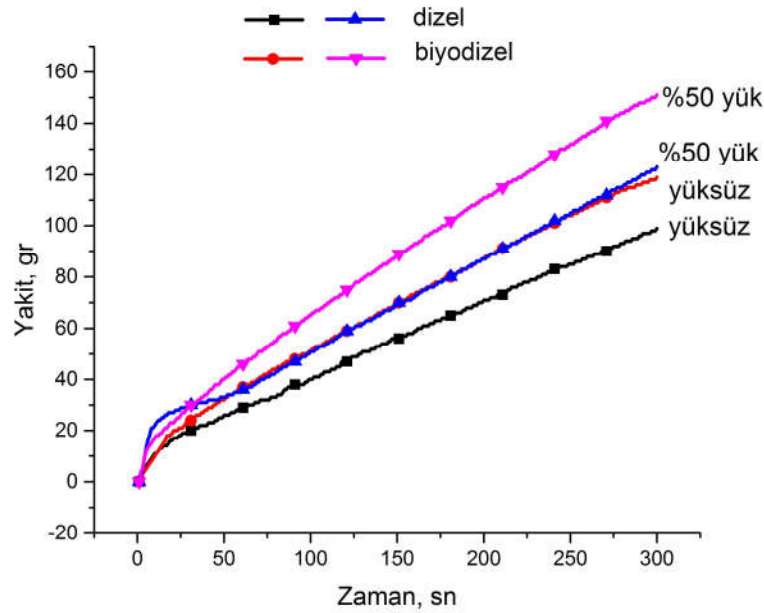
Bu bölümde petrol kökenli dizel yakıtı sabit motor devir sayısında (1500 dev/dk) yüksüz ve %50 yüklü, sıcak ve soğuk çalışma durumlarında dizel motorlu jeneratör setinde kullanılması ile elde edilen yakıt tüketimi, sıcaklık değişimleri ve egzoz emisyonu değerlerinin saf biyodizel yakıtı kullanımına göre karşılaştırılması sunulmuştur.

4.1. Yakıt Tüketimi



Şekil 4.1. Sıcakta ilk hareket durumunda yakıt tüketim değişimi

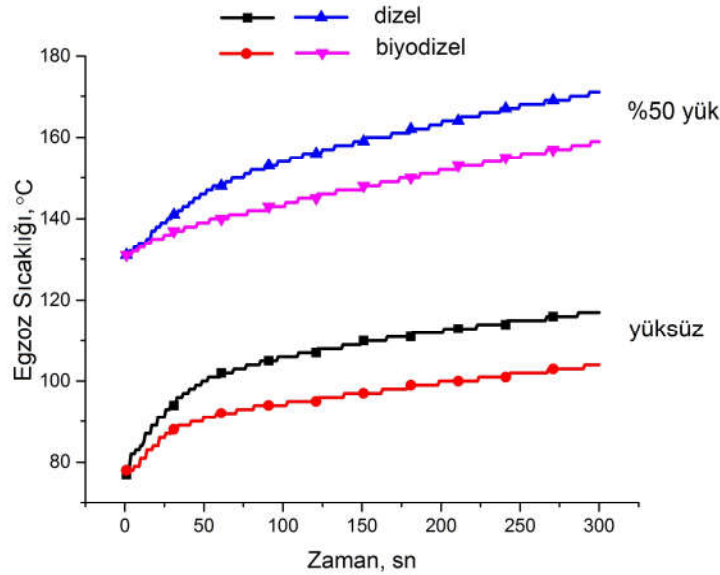
Şekil 4.1’de petrol kökenli dizel yakıtı ile biyodizel yakıtının dizel motorlu jeneratör setinde yüklü ve yüksüz şartlarında kullanılması ile zaman bağlı olarak yakıt tüketimindeki değişim gösterilmiştir. Her iki test yakıtı için ve tüm test koşullarında zamana bağlı olarak yakıt tüketiminde bir artış olduğu Şekil 4.1’den anlaşılmaktadır. Bununla beraber her iki yakıt için yüklü konumda çalışmada yüksüz konuma göre yakıt tüketiminde belirgin bir artışın olduğu, yüklü konumda biyodizel ile elde edilen yakıt tüketimi petrol kökenli dizel yakıtı ile elde edilen değerlere yakın olduğu ancak yüksüz konumda biyodizel ile daha fazla yakıt tüketimi olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2. Soğukta ilk hareket durumunda yakıt tüketim değişimi

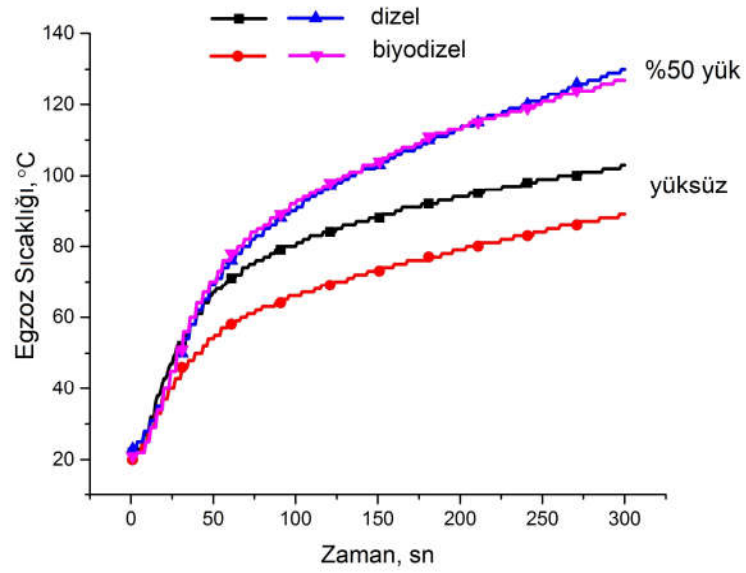
Şekil 4.2’de her iki test yakıtının soğuk çalışma şartlarında yakıt tüketim değerlerindeki değişim gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde yakıt tüketiminin her iki yakıt için yüklü çalışmada artış gösterdiği görülmektedir. Dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında her iki yük durumunda biyodizelde yakıt tüketiminde belirgin bir artış olduğu, bu artışa biyodizelin düşük ısı değeri, yüksek vizkozite ve yoğunluğunun neden olduğu söylenebilir, nitekim Altun (2014) yaptığı çalışmada benzer sonuçlar elde etmiştir. Şekil 4.1’deki sıcak çalışma şartlarıyla karşılaştırıldığında ise dizel yüklü çalışma şartlarında yakıtı tüketiminin birbirine oldukça yakın olmasının yanında diğer tüm test koşullarında arttığı görülmektedir. Bunun nedeni, soğuk çalışma şartlarında motorda oluşan yüksek sürtünme kayıpları, yakıtın buharlaşması için gerekli olan ısı yetersizliği sonucu oluşan eksik yanma olarak ifade edilebilir, Samhaber ve diğ. (2001)’i soğuk çalışma şartlarında yakıt tüketiminin benzer nedenlerle arttığını ifade etmişlerdir.

4.2. Egzoz ve Motor Soğutma Sıvısı Sıcaklığı



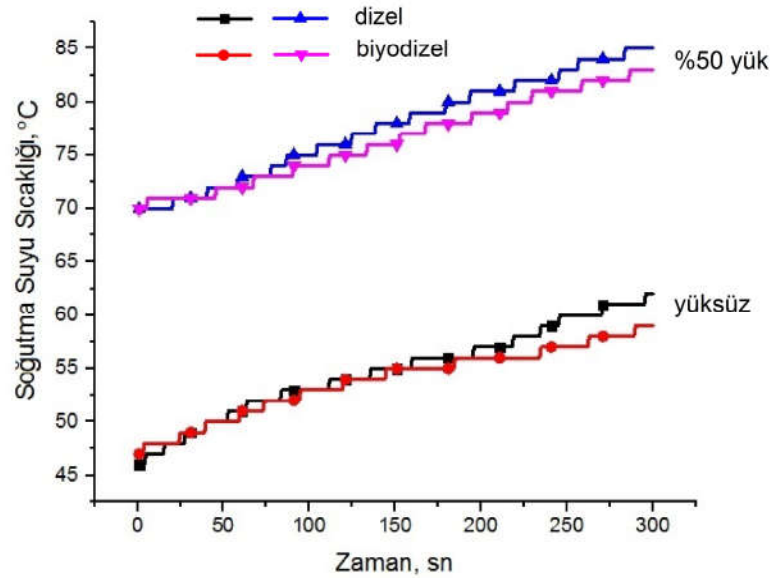
Şekil 4.3. Sıcakta ilk hareket durumunda egzoz gazı sıcaklık değişimi

Şekil 4.3'te petrol kökenli dizel yakıtı ile biyodizel yakıtının dizel motorlu jeneratör setinde yüklü ve yüksüz sıcak çalışma şartlarında kullanılması ile zamana bağlı olarak egzoz gaz sıcaklığındaki değişim gösterilmiştir. Her iki yakıt için yüklü ve yüksüz çalışmada aynı sıcaklık değerlerinden başlanarak ölçümler kayıt altına alınmıştır. Her iki çalışma şartında petrol kökenli dizel yakıt kullanımı ile biyodizele göre egzoz gaz sıcaklığında benzer oranda artış olduğu Şekil 4.3'ten anlaşılmaktadır. Bu artışın dizel yakıtının yüksek ısı değerinden kaynaklandığı söylenebilir, nitekim Roy ve diğ. (2016)'i yaptıkları çalışmalarla benzer sonuçlar elde edilmiştir.



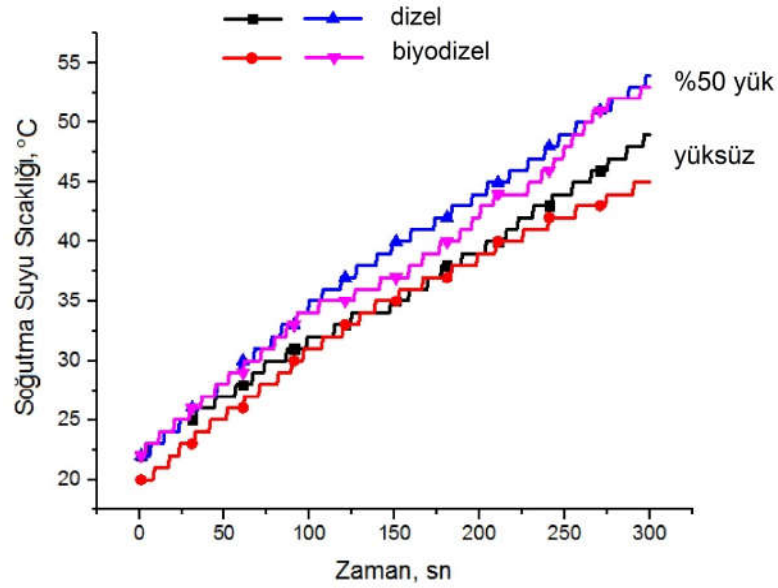
Şekil 4.4. Soğukta ilk hareket durumunda egzoz gazı sıcaklık değişimi

Şekil 4.4'e bakıldığında Şekil 4.3'teki sıcak çalışma şartlarında alının sonuçlara benzer şekilde petrol kökenli dizel yakıtı kullanımı ile her test koşulunda sıcaklık artışı gerçekleşmiştir. Ancak, yüklü soğuk çalışmada diğer durumların aksine elde edilen sıcaklık değişimi her iki yakıt için çok yakın değerdedir. Yüklü soğuk çalışmada biyodizelin, dizel yakıtına benzer miktarda egzoz sıcaklığına sebep olması, Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'deki yakıt tüketim grafiklerinden anlaşılabacağı gibi en yüksek tüketim miktarının biyodizel yüklü soğuk çalışmada elde edilmesinin, egzoz sıcaklığını da arttırdığı söylenebilir.



Şekil 4.5. Sıcakta ilk hareket durumunda soğutma sıvısı sıcaklık değişimi

Şekil 4.5'te yüklü ve yüksüz sıcak çalışma şartlarında petrol kökenli dizel ve biyodizel yakıtlarının kullanımı ile soğutma sıvısı sıcaklığında oluşan değişim gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde dizel yakıtı kullanımı ile sıcaklık değişimindeki fark az olmakla birlikte her iki çalışma durumunda benzer şekilde artmıştır.



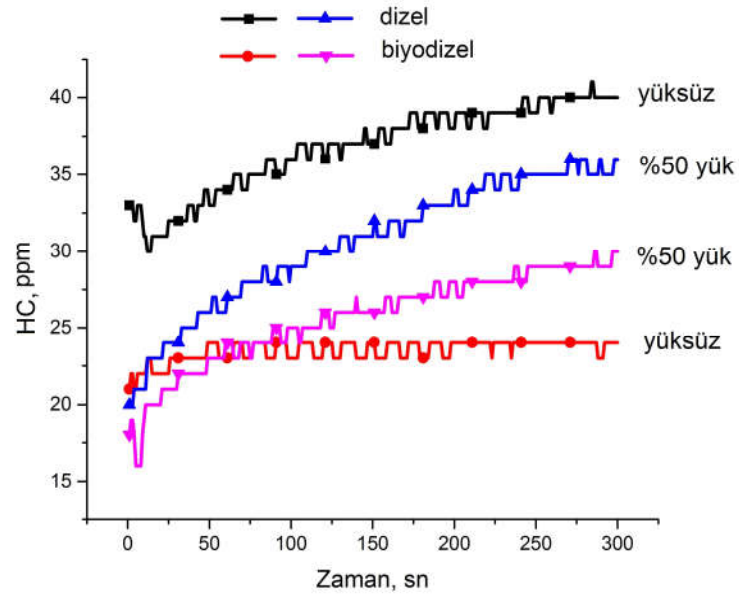
Şekil 4.6. Soğukta ilk hareket durumunda soğutma sıvısı sıcaklık değişimi

Şekil 4.6’da soğuk çalışma şartlarında yüklü ve yüksüz olmak üzere her iki yük durumunda petrol kökenli dizel ve biyodizel yakıtı kullanılarak, 300 saniye boyunca soğutma sıvısı sıcaklık değişimi değerleri görülmektedir. Dizel motoru çalıştırıldığında soğutma sıvısı sıcaklığı ortam sıcaklığına yakın değerlerde okunmuştur. Tüm test koşullarında sıcaklık değişimi nerdeyse sabit oranda artış gösterdiği, yüklü çalışmada her iki test yakıt için yüksüz duruma göre çok yüksek olmamakla beraber artış olduğu ve aynı zamanda dizel yakıtı kullanımı ile her iki yük durumunda artış olduğu anlaşılmaktadır.

4.3. Egzoz Emisyonlarının İncelenmesi

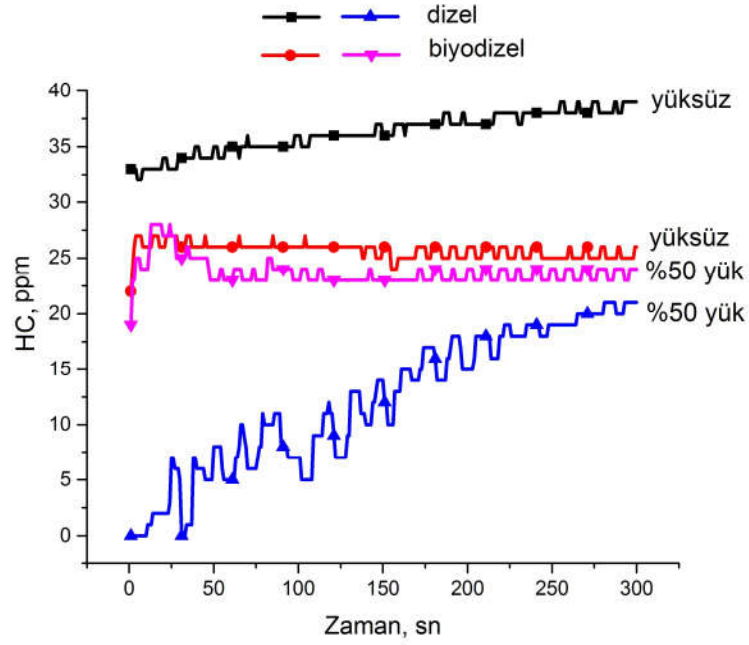
Bu çalışmada deney yakıtlarının iki farklı yük ve sıcaklık şartlarında kullanılmasıyla oluşan Duman, NO_x ve HC egzoz emisyonları ölçülmüş ve elde edilen veriler grafik haline getirilmiştir.

4.3.1. HC Emisyonlarının İncelenmesi



Şekil 4.7. Sıcakta ilk hareket durumunda HC emisyonlarının değişimi

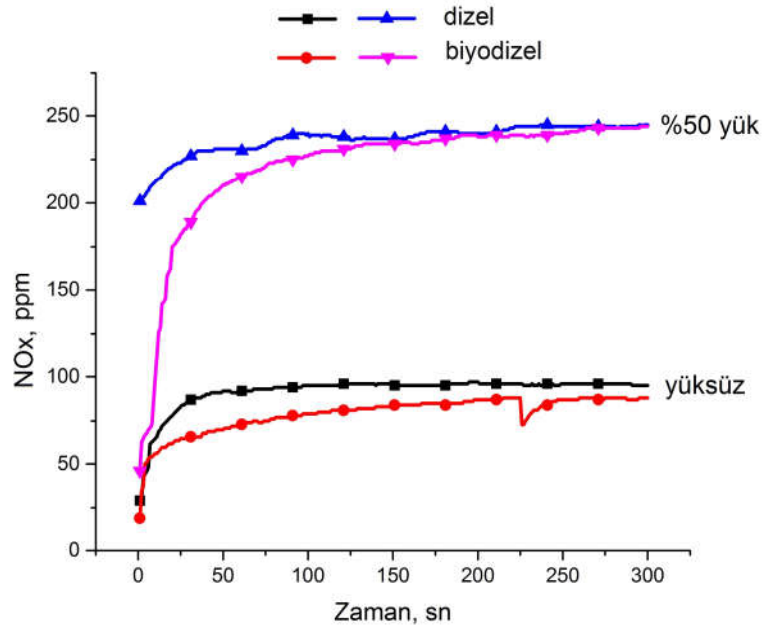
Şekil 4.7 incelendiğinde HC emisyonu miktarı her iki yük durumunda dizel yakıtının kullanımıyla artmıştır. Biyodizelde HC emisyonunun dizele göre oldukça düşük oranda olmasına biyodizelin içerdiği oksijen moleküllerinin yanmayı iyileştirmesinin etkisiyle açıklanabilir. Literatürde biyodizelin petrol kökenli dizel yakıtına göre daha düşük HC emisyonuna sebep olması ile ilgili en fazla bildirilen gerekçe ile uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.8. Soğukta ilk hareket durumunda HC emisyonlarının değişimi

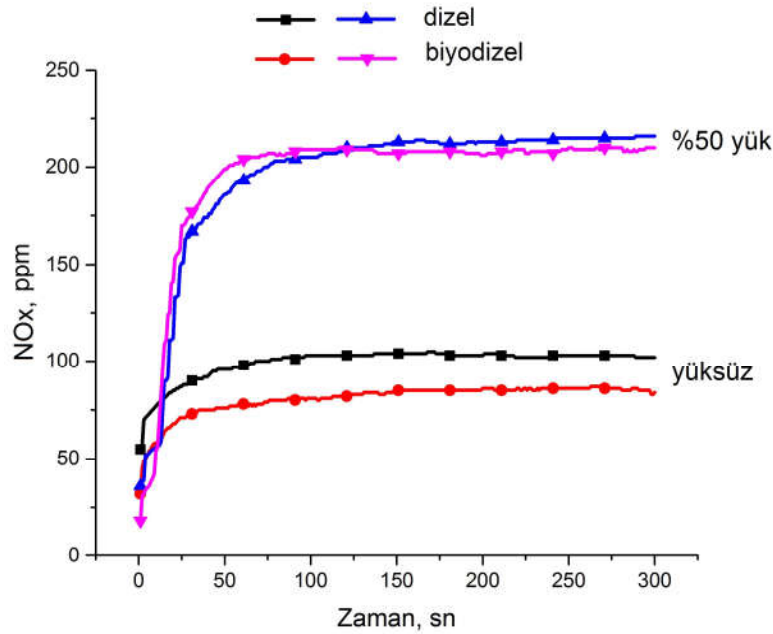
Şekil 4.8 incelendiğinde yüksüz çalışmada her iki test yakıtı için HC emisyonlarının yüklü çalışmaya göre yüksek olduğu, yüksüz biyodizel ile yüklü dizel çalışması sonucu elde edilen HC emisyonlarının birbirine oldukça yakın olmasının yanı sıra test süresi boyunca çok fazla değişmediği görülmektedir. Ayrıca dizel yüklü çalışmada zamana bağlı olarak HC emisyonlarının sürekli artış içinde olduğu, diğer koşullarda ise bu artışın gerçekleşmediği anlaşılmaktadır. Yüklü çalışmada biyodizelin dizele göre daha fazla emisyon çıkışına sebep olması, biyodizelin yüksek viskozitesi ile düşük uçuculuğunun yakıtın atomizasyonu ve buharlaşması üzerinde ortaya çıkardığı sorunlar nedeniyle olduğu söylenebilir. Nitekim Altun (2015) yaptığı çalışmada, özellikle artan yüklerde biyodizelin HC emisyonlarını dizel yakıtına göre arttırmasını benzer gerekçelerle açıklamıştır. Çalışmanın yaklaşık ilk 50 saniyesi boyunca dizel yüklü çalışma dışındaki diğer soğuk çalışma şartlarında sıcak çalışmaya göre HC emisyonlarında artış gerçekleşmiştir. Bu duruma ilk çalışma süresince düşük sıcaklığın etkisiyle yakıtın buharlaşma zorluğu, yanma odası iç yüzey sıcaklığının sıkıştırma sonunda yarattığı ısı kaybının etkisi ile açıklanabilir.

4.3.2. NO_x Emisyonlarının İncelenmesi



Şekil 4.9. Sıcak ilk hareket durumunda NO_x emisyonlarının değişimi

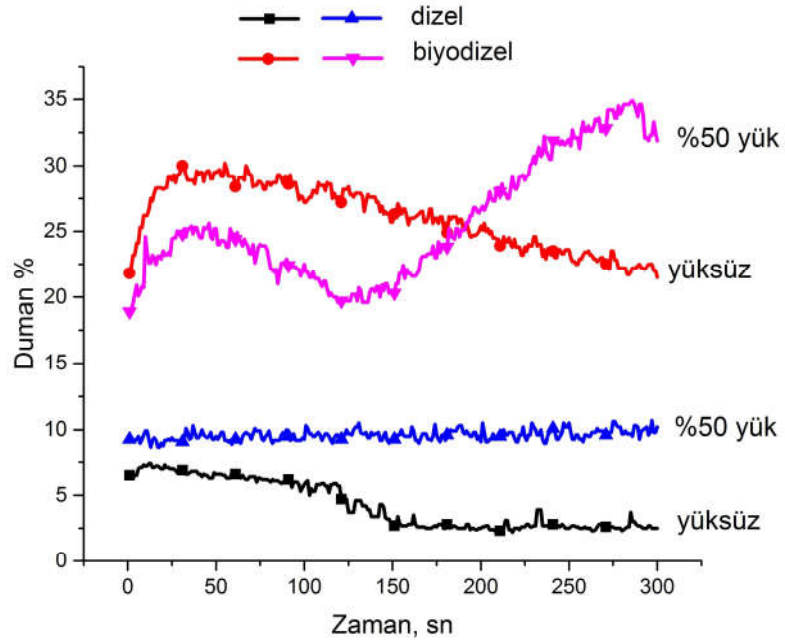
Şekil 4.9’da görüldüğü gibi NO_x emisyonları yüklü çalışmada yüksüz çalışmaya göre belirgin miktarda artış göstermiştir. Yüklü çalışmada silindirlere daha fazla yakıtın püskürtülmesi ile artan yanma odası sıcaklığı NO_x emisyonlarını arttırmıştır. Aynı zamanda yüklü çalışmada NO_x emisyonları dizel yakıtı kullanımında yüksek değerlerden başlamış, biyodizelde ise oldukça düşük değerlerden başlamasına rağmen testin 50. saniyesine kadar büyük oranda yükseldiği, devamında dizel yakıtına benzer şekilde değişiklikler gösterdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.10. Soğukta ilk hareket durumunda NO_x emisyonlarının değişimi

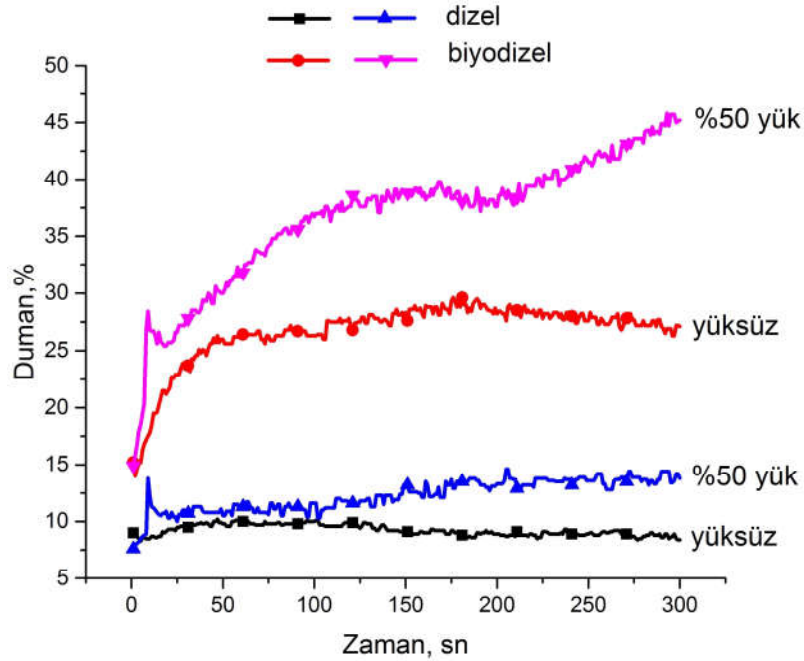
Şekil 4.10’da elde edilen NO_x emisyonları Şekil 4.9’deki sıcak çalışmayla karşılaştırıldığında dizel yüksüz sonuçları birbirine çok yakın olmasının yanında soğuk çalışmalarda elde edilen NO_x emisyon miktarları daha düşük gerçekleşmiştir. Bu durum, düşük sıcaklığın etkisi ile oluşan eksik yanmanın sebep olduğu yanma sonu sıcaklığı ile açıklanabilir. Diğer yandan, yüklü çalışmada her iki yakıt ile NO_x emisyonları değişiminin benzer şekilde olduğu, yüksüz çalışmada ise dizel yakıtı kullanımı ile artış olduğu ve bu artış oranının ilk çalışmadan testin sonuna kadar neredeyse aynı oranda gerçekleştiği görülmektedir. Yüksüz çalışmalar başta olmak üzere, tüm çalışmalarda dizel yakıtı kullanımıyla NO_x emisyonlarında artış söz konusu olmuştur. Genel itibarıyla literatürdeki sonuçların aksine, az da olsa biyodizelin daha düşük NO_x emisyonuna sebep olması, çalışmalarda biyodizelin saf olarak kullanılması ile oluşan düşük buharlaşmanın etkisiyle olduğu söylenebilir, özellikle düşük devirlerde biyodizel kullanımıyla dizele göre daha düşük NO_x emisyonu elde eden Rov ve diğ. (2016)’i bu sonuçları biyodizelin yüksek setan sayısının tutuşma gecikmesi süresini kısaltması ve azalan sıkıştırma sonu basıncının silindir içi sıcaklığını düşürmesiyle açıklamışlardır.

4.3.3. Duman Emisyonlarının İncelenmesi



Şekil 4.11. Sıcakta ilk hareket durumunda duman emisyonlarının değişimi

Şekil 4.11’de yüzde olarak duman koyuluğu sıcak çalışma şartlarında yüklü ve yüksüz olmak üzere her iki test yakıt için zamana bağlı değişimi gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde, dizel yakıtının kullanıldığı her iki yük durumunda duman koyuluğu yüzdesinin biyodizel yakıtına göre düşük olduğu, dizel yüklü çalışmada elde edilen değerlerin test boyunca neredeyse hiç değişmeden sabit kaldığı, dizel yüksüz çalışmada ise 100. saniyeden sonra %50’ye yakın bir oranda düşüş olduğu görülmektedir. Biyodizel yakıtı açısından bakıldığında duman koyuluğu yüzdesinin testin başlarında her iki yük durumlarında yükseldiği, bu artışın ardından biyodizel yüksüz çalışmada testin kalan süresi boyunca azaldığı, ancak biyodizel yüklü çalışmada testin 125. saniyeden sonra oldukça yükseldiği görülmektedir.



Şekil 4.12. Soğukta ilk hareket durumunda duman emisyonlarının değişimi

Şekil 4.12'de soğuk çalışma şartlarında duman koyuluğuna bakıldığında en yüksek değer test süresi boyunca artış gösteren biyodizel yüklü çalışmada ölçülmüştür. Dizel yakıtının kullanıldığı çalışma şartlarında duman koyuluğu yüzdesi biyodizele göre oldukça düşük olmasının yanı sıra Şekil 4.11'deki sıcak çalışma şartlarında ölçülen değerlere yakın olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 4.11 sıcak çalışma ile şekil 4.12 soğuk çalışma birlikte değerlendirildiğinde biyodizel yakıtı ile oluşan duman koyuluğu tüm şartlarda dizele göre oldukça yüksek seyretmesine, biyodizel yakıtının düşük buharlaşma özelliğinin etkisiyle PM oluşumunu artırmasının etkili olduğu söylenebilir, nitekim Armas ve diğ. (2006) ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Aynı zamanda soğuk çalışma şartlarında oluşan yüksek yakıt tüketimi ve eksik yanmanın duman koyuluğunu sıcak çalışmaya göre arttırdığı söylenebilir. Ramadhas ve diğ. (2016) yaptıkları çalışmalarda düşük ortam sıcaklığı şartlarında daha fazla yakıt enjeksiyonu ile birlikte oluşan yanma kararsızlığı neticesinde PM miktarında artış gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Öte yandan, tüm yüklü koşullarda oldukça yüksek olan duman koyuluğu yük arttıkça daha fazla enjekte edilen yakıt miktarının bir sonucu olarak görülebilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Ortam ve motor soğutma sıvısı sıcaklığının, dizel motorlu jeneratör setinde biyodizel ve dizel yakıtı kullanımının egzoz emisyon ile diğer motor parametrelerine etkileri incelenmiştir. Deneylerde elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir:

1. Duman koyuluğu tüm koşullarda biyodizel yakıtı kullanımıyla artmıştır. En yüksek değer yaklaşık %40 oranında biyodizel yüklü soğuk çalışmada ölçülmesinin yanı sıra aynı şartlarda dizel yakıtının kullanılmasıyla %12'ye kadar düşüş yaşanmıştır. Tüm soğuk çalışmalarda elde edilen duman koyuluğu değerleri sıcak çalışmalara göre artış göstermiştir.
2. Maksimum NO_x emisyonu tüm test edilen yakıtlar için motor yükünün artmasıyla artmıştır. Yüklü sıcak ve soğuk çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmesine karşın yüksüz çalışmalarda dizel yakıtı ile NO_x emisyonları artış göstermiştir.
3. En yüksek HC emisyon miktarı, birbirine oldukça yakın değerlerde olan sıcak ve soğuk dizel yüksüz çalışmalarında ölçülmüştür. Yüklü soğuk çalışma dışındaki koşullarda dizel yakıtının kullanılmasıyla HC emisyonlarında artış olmuştur.
4. Soğutma sıvı sıcaklığı tüm testlerde dizel yakıtının kullanımıyla biyodizele göre hafif bir artış göstermiştir. Çalışma süreleri boyunca sıcaklık artışları sabit şekilde devam etmiştir.
5. Egzoz gazı sıcaklığı yüklü soğuk çalışmada her iki yakıt için neredeyse aynı oranda artış göstermiş ve test süresi sonunda yaklaşık 130 °C'ye çıkmıştır. Yüksüz soğuk çalışmada biyodizel yakıtı ile %13 oranında düşüş gözlemlenmiştir. Sıcak çalışmada her iki yük durumunda da biyodizel yakıtı egzoz gaz sıcaklığında %10 civarında düşüş gerçekleşmiştir.
6. Yakıt tüketimi soğuk çalışmada yüklü ve yüksüz durumlarında biyodizel yakıtı ile dizel yakıtına göre sırasıyla %7 ve %17 oranında artış göstermiştir. Ayrıca tüm

soğuk çalışma şartlarında, sıcak çalışmaya göre yakıt tüketiminde önemli ölçüde artış tespit edilmiştir.

5.2 Öneriler

Dizel motorlu bir jeneratör setinde soğuk ve sıcak çalışma şartlarında petrol kökenli dizel yakıtı ile karşılaştırmalı olarak kullanılan soya yağı esaslı biyodizelin emisyonları azaltma potansiyeli olarak umut verici yakıt olduğu belirlenmiştir. Ancak, biyodizel kullanımında duman emisyonlarının yüksek olması ve yakıt tüketiminin artması nedeniyle, yakıtların karışımlar halinde kullanılmasının daha verimli olabileceği düşünülmektedir. Karşılaşılan en büyük problem biyodizelin yüksek viskozitesinin özellikle soğuk çalışmadaki etkisi olmuştur. Bu açıdan, benzer şartlarda testlerin farklı ortam sıcaklıklarında, farklı yüklerde ve daha yüksek basınçlarda püskürtme yapabilecek motorlarda kullanımının araştırılması büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Alkaya, B., Yıldırım, M. (2000). Taşıt Kaynaklı Kirleticilerin Azaltılma Yöntemleri. *ÇEV-KOR Ekoloji Çevre Dergisi*, 9(34), 15-20.
- Altun, Ş., 2014, Effect of the degree of unsaturation of biodiesel fuels on the exhaust emissions of a diesel power generator *Fuel*, 117, 450–457.
- Altun, Ş., 2015, Emissions from a diesel power generator fuelled with biodiesel and fossil diesel fuels, *Energy & Environment*, 26, 562-571.
- Ambrozik, A., Ambrozik, T., & Łagowski, P, 2015, Fuel impact on emissions of harmful components of the exhaust gas from the CI engine during cold start-up, *Eksploatacja i Niezawodność*, 17(1).
- Armas, O., Hernández, J. J., & Cárdenas, M. D. (2006). Reduction of diesel smoke opacity from vegetable oil methyl esters during transient operation. *Fuel*, 85(17-18), 2427-2438.
- Arumugam, R., Xu, H., Liu, D., & Tian, M. J. (2014). Key Factors Affecting the Cold Start of Diesel Engines. *International Journal of Green Energy*.
- Ayoub, N. S., & Reitz, R. D. (1995). Multidimensional modeling of fuel composition effects on combustion and cold-starting in diesel engines. *SAE transactions*, 1306-1316.
- Broatch, A., Tormos, B., Olmeda, P., & Novella, R. (2014). Impact of biodiesel fuel on cold starting of automotive direct injection diesel engines. *Energy*, 73, 653-660.
- Chaichan, M. T., Maroon, O. K., Abaas, K. I., 2016, The effect of diesel engine cold start period on the emitted emissions, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 7, 749-753.
- Çelik, A., Ceviz, M. A., Yılmaz, M., Karagöz, Ş., & Kaltakkıran, G., 2014, Dizel Motorlarında Soğukta İlk Hareket Esnasındaki Egzoz Emisyon Karakteristiklerinin Belirlenmesi, *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(1), 15-26.
- Çukurçayır, M. A., ve Sağır, H. (2008). Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (20), 257-278.
- de Oliveira, A., de Moraes, A. M., Valente, O. S., & Sodré, J. R., 2015, Combustion characteristics, performance and emissions from a diesel power generator fuelled by B7-ethanol blends, *Fuel Processing Technology*, 139, 67-72.

- Dwivedi, G., & Sharma, M. P. (2014). Impact of cold flow properties of biodiesel on engine performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 650-656.
- İlkılıç C., Behçet R., Aydın S., Aydın H., 2009, Motorlarında azot oksitlerin oluşumu ve kontrol yöntemleri, 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük, Türkiye.
- Karaosmanoğlu, F., Çetinkaya, M., 2003, Türkiye Enerji profili ve hidrojen. II. *Ulusal Hidrojen Kongresi*, Ankara, 25-40.
- Kitano, K. (2006). Effects of Fuel Properties to the cold starting performance of a Low Compression Ratio DI Diesel Engine. In *FISITA world automotive congress*, 2006.
- Lapuerta, M., Armas, O., & Rodriguez-Fernandez, J. (2008). Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions. *Progress in energy and combustion science*, 34(2), 198-223.
- Lapuerta, M., Armas, O., García-Contreras, R., 2009, Effect of ethanol on blending stability and diesel engine emissions, *Energy & Fuels*, 23(9), 4343-4354.
- Liu, H., Henein, N. A., & Bryzik, W. (2003). Simulation of diesel engines cold-start. *SAE transactions*, 352-372.
- No, S. Y. (2011). How Vegetable Oils and Its Derivatives Affect Spray Characteristics in CI Engines-A Review. *Atomization and Sprays*, 21(1).
- Öğüt, H., Oğuz, H., 2006, Üçüncü milenyumun yakıtı biyodizel, *Kitap*, 1-25.
- Palanisamy, M. (2013). Characteristics Of Cold Start Of A Diesel Engine Using Jp8 and Ulsd Fuels.
- Ramadhas, A. S., & Xu, H., 2016, Cold start particle number, size and mass emissions from a CRDI diesel engine running on biodiesel blends in a cold environment, *Biofuels*, 7(4), 353-363.
- Ramadhas, A. S., Xu, H., Liu, D., & Tian, J. (2016). Reducing cold start emissions from automotive diesel engine at cold ambient temperatures. *Aerosol Air Qual. Res*, 16, 3330-3337.
- Randazzo, M. L., & Sodre, J. R., 2011, Cold start and fuel consumption of a vehicle fuelled with blends of diesel oil–soybean biodiesel–ethanol. *Fuel*, 90(11), 3291-3294.
- Roy, M. M., Calder, J., Wang, W., Mangad, A., & Diniz, F. C. M. (2016). Cold start idle emissions from a modern Tier-4 turbo-charged diesel engine fueled with

- diesel-biodiesel, diesel-biodiesel-ethanol, and diesel-biodiesel-diethyl ether blends. *Applied energy*, 180, 52-65.
- Samhaber, C., Wimmer, A., & Loibner, E. (2001). Modeling of engine warm-up with integration of vehicle and engine cycle simulation (No. 2001-01-1697). SAE Technical Paper.
- Singh, D., Singal, S. K., Garg, M. O., Maiti, P., Mishra, S., & Ghosh, P. K., 2015, Transient performance and emission characteristics of a heavy-duty diesel engine fuelled with microalga *Chlorella variabilis* and *Jatropha curcas* biodiesels. *Energy conversion and management*, 106, 892-900.
- TS 11365, Türk Standartları, “Egzoz Gazı Kirleticileri Trafikteki Dizel Motorlu Taşıtları İçin Ölçüm Metodu ve Sınır Değerleri”, TSE, Ankara (1998).
- TS ISO 8528-1 Gidip gelme hareketli içten yanmalı motorla tahrik edilen alternatif akım jeneratör grupları - Bölüm 1: Uygulama, beyan değerleri ve performans.
- TS ISO 8528-2 Gidip gelme hareketli içtenyanmalı motorla tahrik edilen alternatif akım jeneratör grupları - Bölüm 2: Motorlar
- TS ISO 8528-5 Gidip gelme hareketli içten yanmalı motorla tahrik edilen alternatif akım jeneratör grupları - Bölüm 5: Jeneratör grupları.
- Tsai, J. H., Chen, S. J., Huang, K. L., Lin, Y. C., Lee, W. J., Lin, C. C., & Lin, W. Y., 2010, PM, carbon, and PAH emissions from a diesel generator fuelled with soy-biodiesel blends, *Journal of hazardous materials*, 179(1-3), 237-243.
- Valente, O. S., Da Silva, M. J., Pasa, V. M. D., Belchior, C. R. P., & Sodré, J. R., 2010, Fuel consumption and emissions from a diesel power generator fuelled with castor oil and soybean biodiesel, *Fuel*, 89(12), 3637-3642.
- Valente, O. S., Pasa, V. M. D., Belchior, C. R. P., Sodré, J. R., 2012, Exhaust emissions from a diesel power generator fuelled by waste cooking oil biodiesel, *Science of the total environment*, 431, 57-61.
- Walter, B., Perrin, H., Dumas, J. P., & Laget, O. (2010). Cold operation with optical and numerical investigations on a low compression ratio diesel engine. *SAE International Journal of Engines*, 2(2), 186-204.
- Will, F., & Boretti, A. (2011). A new method to warm up lubricating oil to improve the fuel efficiency during cold start. *SAE international journal of engines*, 4(1), 175-187.

- Yassine, M. K., Tagomori, M. K., Henein, N. A., & Bryzik, W. (1996). *White smoke emissions under cold starting of diesel engines* (No. 960249). SAE Technical Paper.
- Zare, A., Nabi, M. N., Bodisco, T. A., Hossain, F. M., Rahman, M. M., Van, T. C., ... Brown, R. J. (2017). Diesel engine emissions with oxygenated fuels: A comparative study into cold-start and hot-start operation. *Journal of cleaner production*, 162, 997-1008.
- Zhong, L., Gruenewald, S., Henein, N. A., & Bryzik, W. (2007). *Lower temperature limits for cold starting of diesel engine with a common rail fuel injection system* (No. 2007-01-0934). SAE Technical Paper.
- <http://blog.enka.com.tr/2017/03/17/turkiye-jenerator-sektoru-ve-enka-enerji-cozumleri/> [18 Aralık 2018]
- <http://m.borsagundem.com/anlik-borsa-haberleri/20170724134540>, [13 Şubat 2019]
- <https://wiki.anton-paar.com/en/engine-oil/> [4 Nisan 2019]
- <https://www.power-technology.com/comment/global-diesel-generators-market-reach-value-115-11bn-coming-years/>, [4 Nisan 2019]

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ziya ÇELİK
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Gercüş / 03.05.1981
Telefon : 5055499693
Faks :
e-mail : celikziya@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Batman Mes. ve Tek. An. Lis.	Merkez	Batman	1997
Üniversite	: Kocaeli Üniversitesi	İzmit	Kocaeli	2004
Yüksek Lisans	:			

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2009-2010	Sosyal Güvenlik Kurumu	V.H.K.İ
2010-	Milli Eğitim Bakanlığı	Mot. Arç. Tek Öğrt.

UZMANLIK ALANI: Otomotiv Diagnostiği

YABANCI DİLLER: İngilizce